



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**APLICACIÓN DE LA TÉCNICA OTTA SEAL PARA MEJORAR  
LA TRANSITABILIDAD DE LA RUTA PE-34R del Km 04+086 al  
Km 34+500, CARRETERA ARAPA – AZÁNGARO, 2022.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. DENNIS PACCO MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



NOMBRE DEL TRABAJO

**APLICACIÓN DE LA TÉCNICA OTTA SEA  
L PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD  
DE LA RUTA PE-34R del Km 04+086 a**

AUTOR

**DENNIS PACCO MAMANI**

RECUENTO DE PALABRAS

**23830 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**125054 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**148 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**19.1MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jul 17, 2023 3:15 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jul 17, 2023 3:17 PM GMT-5**

● **11% de similitud general**

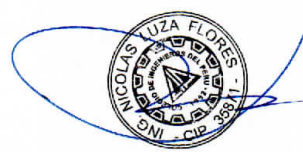
El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base:

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cro

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

Vº Bº  
  
Emilio Castillo Aroni  
DOCENTE UNIVERSITARIO  
COD. UNA Nº 920514



Resumen



## DEDICATORIA

*Le dedico el resultado de este trabajo a mis queridos padres, Luis Pacco y Elva Mamani, quienes han sido un pilar fundamental en mi formación profesional, por su apoyo incondicional, consejo, comprensión, tolerancia, amor y por su abnegado sacrificio.*

***Bach. Dennis Pacco Mamani***



## AGRADECIMIENTO

A Dios por que gracias a él he cumplido una de mis mayores metas, por haberme brindado la sabiduría, por haberme dado una familia tan maravillosos que siempre estuvieron conmigo y por haber puesto en mi camino grandes personas que me apoyaron incondicionalmente.

A mi querida Universidad, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO, a la facultad de Ingeniería Civil y a los docentes, quienes fueron mi guía en el aprendizaje, dándome todos sus conocimientos y apoyo en mi vida universitaria, conocimientos que me ayudaron en mi desenvolvimiento en la sociedad como profesional, mi más sincero agradecimiento por brindarme la formación académica. Al Ing. Nicolas Luza Flores por todo el apoyo brindado desde el primer momento, a los integrantes del jurado evaluador por su valioso aporte en la conducción y conclusión del presente trabajo de investigación.

A todas las personas que me asesoraron y guiaron de forma directa o indirectamente para culminar este trabajo de investigación.

***Bach. Dennis Pacco Mamani***



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTO</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>15</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>19</b>
1.2.1 Problema general .....	19
1.2.2 Problema específico.....	19
<b>1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>19</b>
1.3.1 Hipótesis general .....	19
1.3.2 Hipótesis específico.....	20
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>23</b>
1.5.1 Objetivo general .....	23
1.5.2 Objetivos específicos.....	23
<b>1.6 VARIABLES.....</b>	<b>23</b>
1.6.1 Operacionalización de variables.....	23



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>25</b>
2.1.1 Nivel internacional .....	25
2.1.2 Nivel nacional.....	26
2.1.3 Nivel local .....	29
<b>2.2 MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>32</b>
2.2.1 Técnica OTTA SEAL.....	32
2.2.2 Descripción y tipos de la Técnica OTTA SEAL .....	32
2.2.3 Condiciones de la carretera para utilizar OTTA SEAL.....	33
2.2.4 Ventajas de la utilización de OTTA SEAL .....	34
2.2.5 Desventajas de la utilización de OTTA SEAL.....	34
2.2.6 Comparación del Otta Seal con otras técnicas.....	35
2.2.7 Diseño de mezcla de la técnica OTTA SEAL .....	36
2.2.8 Agregados para la utilización de OTTA SEAL.....	36
2.2.9 Aditivos para la utilización de OTTA SEAL .....	38
2.2.10 Emulsiones para la utilización de OTTA SEAL .....	39
2.2.11 Procesos de Construcción de con la técnica OTTA SEAL .....	39
2.2.12 Índice de Rugosidad (IRI) .....	40
2.2.13 Transitabilidad .....	41
2.2.14 Daños en superficie de rodadora en carreteras .....	42
2.2.15 Obras de arte en carreteras.....	42
<b>2.3 MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>42</b>



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1</b>	<b>UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.....</b>	<b>44</b>
3.1.1	Ubicación geográfica.....	44
3.1.2	Ubicación política.....	44
3.1.3	Accesibilidad.....	45
3.1.4	Geología estructural.....	45
3.1.5	Geología regional.....	46
3.1.6	Geología local.....	46
3.1.7	Topografía.....	47
<b>3.2</b>	<b>PERIODO Y DURACIÓN DE ESTUDIO.....</b>	<b>51</b>
<b>3.3</b>	<b>MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS.....</b>	<b>52</b>
3.3.1	Equipos y materiales utilizados en campo.....	52
3.3.2	Equipos y materiales utilizados en Gabinete.....	52
<b>3.4</b>	<b>POBLACIÓN DE ESTUDIO.....</b>	<b>52</b>
<b>3.5</b>	<b>METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>53</b>
3.5.1	Método de investigación.....	53
3.5.2	Diseño de la investigación.....	53
3.5.3	Enfoque de investigación.....	53
<b>3.6</b>	<b>TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>54</b>
3.6.1	Evaluación de la situación actual de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500.....	54
3.6.2	Diagnóstico del diseño y el proceso de construcción de la técnica OTTA SEAL.....	54



3.6.3 Análisis comparativo de la transitabilidad de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, antes y después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL .....	54
---	----

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1 RESULTADOS .....</b>	<b>61</b>
4.1.1 Situación actual de la carretera (topografía) .....	61
4.1.1.1 Daños en la superficie de rodadura.....	63
4.1.1.2 Drenaje.....	64
4.1.2 Método de Diseño.....	66
4.1.2.1 Cálculo de parámetros de diseño .....	66
4.1.2.2 Determinación del número estructural .....	67
4.1.2.3 Cálculo del número estructural de diseño – material granular tratada con cemento.....	68
4.1.2.4 Coeficiente estructural de las capas del pavimento .....	70
4.1.2.5 Coeficiente estructural de la capa de transitabilidad .....	71
4.1.2.6 Coeficiente de drenaje .....	72
4.1.2.7 Solución básica .....	75
4.1.2.8 Capa de adherencia entre el suelo estabilizado con superficie de rodadura.. .....	75
4.1.2.9 Superficie de rodadura del pavimento .....	75
4.1.2.10 Especificación técnica para los agregados aglomerados de la mezcla Otta Seal.....	76
4.1.2.12 Descripción del diseño .....	80





4.1.3	El proceso de construcción de la técnica OTTA SEAL en la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Arapa – Azángaro, 2022.....	83
4.1.3.1	Consideraciones para la elección del procedimiento original .....	84
4.1.4	Análisis comparativo de la transitabilidad de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, antes y después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL en la carretera Arapa – Azángaro, 2022. ....	87
4.1.4.1	Evaluación del Índice de rugosidad (IRI).....	87
4.1.4.2	Análisis comparativo de Índice de rugosidad (IRI) mediante la prueba de T de Student .....	93
4.1.4.3	Evaluación de velocidad de transporte antes y después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL .....	95
4.1.4.4	Análisis comparativo de velocidades en el transporte (transitabilidad) ..	100
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>107</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>109</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>114</b>

**TEMA:** Pavimentos flexibles, nuevas tendencias

**ÁREA:** Transportes

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Transportes y Gestión Vial

**Fecha de Sustentación:** 04 de agosto del 2023



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Tipos de aplicación de la técnica Otta Seal .....	33
<b>Figura 2.</b>	Granulometría de agregado pétreo utilizado para el Otta Seal .....	37
<b>Figura 3.</b>	Tipos de cemento asfálticos aplicados para el Otta Seal .....	37
<b>Figura 4.</b>	Requerimientos generales de material para usar Otta Seal .....	38
<b>Figura 5.</b>	Aditivos para el uso del método de sellado Otta Seal .....	38
<b>Figura 6.</b>	Requisitos mínimos para el paso del rodillo y aplanadora .....	40
<b>Figura 7.</b>	Ubicación política del estudio .....	44
<b>Figura 8.</b>	Rugosímetro III Componentes adquisidor de datos, mostrando como se conectan entre sí .....	56
<b>Figura 9.</b>	Instalación del rugosímetro en el vehículo .....	57
<b>Figura 10.</b>	Diseño estructural del pavimento .....	68
<b>Figura 11.</b>	Coefficientes estructurales de las capas del Pavimento .....	71
<b>Figura 12.</b>	Ábaco para estimar el numero estructural de la capa granular (Fuente: AASHTO, Guide for Designo f Pavement Structures 1993) .....	72
<b>Figura 13.</b>	Usos Granulométricos según guía noruega .....	78
<b>Figura 14.</b>	Gradación general del Otta Seal .....	78
<b>Figura 15.</b>	Gradación abierta del Otta Seal .....	79
<b>Figura 16.</b>	Gradación media del Otta Seal .....	79
<b>Figura 17.</b>	Gradación Densa del Otta Seal .....	80
<b>Figura 18.</b>	Diagrama de proceso constructivo de la técnica OTTA SEAL .....	84
<b>Figura 19.</b>	Proceso de imprimación de la técnica OTTA SEAL .....	84
<b>Figura 20.</b>	Proceso de esparcido de la emulsión asfáltica .....	85
<b>Figura 21.</b>	Proceso de esparcido del agregado .....	85
<b>Figura 22.</b>	Pasado de Rodillo Tándem .....	86
<b>Figura 23.</b>	Pasado de rodillo neumático .....	86
<b>Figura 24.</b>	Proceso de limpieza final .....	87
<b>Figura 25.</b>	Comportamiento del Índice de rugosidad IRI antes de la aplicación .....	90
<b>Figura 26.</b>	Comportamiento del Índice de rugosidad IRI despues de la aplicación ...	92
<b>Figura 27.</b>	Demostración de la mejora de índice de rugosidad (IRI) mediante la prueba T .....	94
<b>Figura 28.</b>	Comportamiento de los índices de rugosidad (IRI) del antes y después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL .....	95



<b>Figura 29.</b> Demostración de la mejora de velocidad de transporte mediante la prueba T .....	102
<b>Figura 30.</b> Comportamiento de la velocidad de transporte del antes y después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL. ....	103



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Cuadro de costos de intervención .....	35
<b>Tabla 2.</b>	Alternativas de solución de pavimentación .....	35
<b>Tabla 3.</b>	Accesibilidad al lugar de estudio .....	45
<b>Tabla 4.</b>	Coordenadas geográficas y UTM WGS84 zona 19L .....	51
<b>Tabla 5.</b>	Resumen de anchos de la vía KM 4+086 hasta KM 34+500.....	62
<b>Tabla 6.</b>	Topografía de la carretera en estudio.....	63
<b>Tabla 7.</b>	Estudio de daños en la carretera.....	63
<b>Tabla 8.</b>	Tramos homogéneos .....	64
<b>Tabla 9.</b>	Resumen de estudio de cantera .....	65
<b>Tabla 10.</b>	Módulo resiliente .....	65
<b>Tabla 11.</b>	Eals de diseño .....	66
<b>Tabla 12.</b>	Resumen de parámetros de diseño.....	67
<b>Tabla 13.</b>	Factores para el cálculo de acuerdo con la metodología AASHTO 93 .....	68
<b>Tabla 14.</b>	Valores de calidad de drenaje .....	72
<b>Tabla 15.</b>	Valores recomendados de la calidad de drenaje .....	73
<b>Tabla 16.</b>	Diseño Estructural con AASHTO 93' - 10 AÑOS.....	74
<b>Tabla 17.</b>	Solución básica planteada .....	75
<b>Tabla 18.</b>	Calidad de los agregados .....	77
<b>Tabla 19.</b>	Tipo de Otta Seal recomendado en relación a los niveles de tráfico. ....	80
<b>Tabla 20.</b>	Tipos preferidos de agregados .....	81
<b>Tabla 21.</b>	Elección de brea basado en el tráfico y grado.....	81
<b>Tabla 22.</b>	Rango de pulverizado de la brea caliente ( $l/m^2$ ) .....	81
<b>Tabla 23.</b>	Rangos de aplicación de agregado .....	82
<b>Tabla 24.</b>	Diseño de tratamiento de BITUPER para OTTA SEAL según canteras....	83
<b>Tabla 25.</b>	Diseño de tratamiento de COPER para OTTA SEAL según canteras.....	83
<b>Tabla 26.</b>	Índice de rugosidad IRI característico por kilómetros antes de la aplicación OTTA SEAL.....	89
<b>Tabla 27.</b>	Índice de rugosidad IRI característico por kilómetros después de la aplicación OTTA SEAL.....	91
<b>Tabla 28.</b>	Valores paramétricos del IRI antes y después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL.....	93
<b>Tabla 29.</b>	Prueba t para dos muestras independientes.....	93



<b>Tabla 30.</b>	Transito promedio diario de la Semana .....	96
<b>Tabla 31.</b>	Índice medio diario anual de vehiculas.....	97
<b>Tabla 32.</b>	Evaluación de velocidad de transporte: Tramo Azángaro – Arapa, antes de la aplicación de la técnica OTTA SEAL .....	98
<b>Tabla 33.</b>	Evaluación de velocidad de transporte: Tramo Arapa – Azángaro, antes de la aplicación de la técnica OTTA SEAL .....	98
<b>Tabla 34.</b>	Evaluación de velocidad de transporte: Tramo Azángaro – Arapa, después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL.....	99
<b>Tabla 35.</b>	Evaluación de velocidad de transporte: Tramo Arapa – Azángaro, después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL.....	100
<b>Tabla 36.</b>	Valores paramétricos de velocidades en el transporte (transitabilidad).....	100
<b>Tabla 37.</b>	Prueba t para dos muestras independientes.....	101



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

PROVIAS	: Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones
INGEMMET	: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico
AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials
TPDA	: Tránsito Promedio Diario Anual
CBR	: Californian Bearing Ratio
DTS	: Doble Tratamiento Asfalto
TSM	: Tratamiento Superficial Monocapa



## RESUMEN

La ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Arapa – Azángaro mediante la gestión del Gobierno regional se trabajó dicha ruta lo cual en el año 2022 se encuentra en una situación deplorable con presencia de grandes hundimientos, que dificultan de manera significativa la transitabilidad causando mucho malestar a las empresas que toman esta ruta los cuales llegan a su destino el doble del tiempo establecido en una ruta normal y es por lo cual la presente investigación toma como objetivo general: Aplicar la técnica OTTA SEAL para mejorar la transitabilidad de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Arapa – Azángaro, 2022. Desarrollando la investigación bajo un enfoque cuantitativo de diseño experimental y un método hipotético deductivo que busca alcanzar objetivos de diseñar un tratamiento superficial con la utilización de Otta Seal en la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500 como muestra de la investigación que fue sometido a una serie de procedimiento y técnicas de recolección de datos de campo, concluyendo que mediante la aplicación de la técnica OTTA SEAL se mejoró la transitabilidad de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Arapa – Azángaro. En el aspecto de la forma se presenta en el Capítulo I: Planteamiento del problema; Capítulo II: Revisión de literatura; Capítulo III: Materiales y métodos; Capítulo IV: resultados y discusión. Finalmente la conclusiones, recomendaciones, referencias y anexos.

**Palabras Clave:** Técnica Otta Seal, Transitabilidad, Índice IRI



## ABSTRACT

The route PE-34R of the Km 04+086 to the Km 34+500, highway Arapa - Azángaro by means of the management of the regional Government was worked this route which in the year 2022 is in a deplorable situation with presence of big sinks, which make difficult of significant way the transitabilidad causing much discomfort to the companies that take this route which arrive to their destination the double of the time established in a normal route and it is for that reason the present investigation takes as general objective: To apply the OTTA SEAL technique to improve the trafficability of the route PE-34R of the Km 04+086 to the Km 34+500, highway Arapa - Azángaro, 2022. Developing the investigation under a quantitative approach, experimental design, and a hypothetical deductive method that seeks to achieve objectives of designing a surface treatment with the use of Otta Seal on the route PE-34R from Km 04+086 to Km 34+500 as a sample of the investigation that was subjected to a series of procedures and techniques of field data collection, concluding that through the application of the OTTA SEAL technique improved the trafficability of the route PE-34R from Km 04+086 to Km 34+500, Arapa - Azángaro road. In terms of form, it is presented in Chapter I: Problem statement; Chapter II: Literature review; Chapter III: Materials and methods; Chapter IV: Results and discussion. Finally, the conclusions, recommendations, references, and annexes.

**Key Words:** Road, Trafficability, Improvement, Otta Seal.





# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Analizando la realidad situacional de estudio, que en el contexto actual generalmente los pavimentos flexibles presentan deterioros antes de haber culminado con su vida útil que desde su diseño fueron proyectados, esto ocurre producto de la exclusión o de no tomar en cuenta diferentes factores al momento de realizar proyectos viales como son las condiciones del clima, crecimiento de la creciente de vehículos de carga pesada convirtiéndose en un factor causal para deteriorar la carpeta asfáltica (Salazar & Trigos, 2020).

El buen estado de conservación y/o vida útil de una carretera está ligado al comportamiento y durabilidad de los suelos de fundación de la vía existente. Muchas carreteras han colapsado justamente por no obtener una debida sectorización de los suelos a lo largo de la vía y no tratar un mejoramiento de la subrasante.

El Estado Peruano a través de la empresa Provias Nacional busca realizar edificaciones, construcciones, reparamientos y mejoramiento, de igual manera la conservación, preservación y operación de infraestructuras viales a nivel nacional de esta forma poder generar un desarrollo continuo, por lo que Provias implementa diferentes modalidades de contratos donde abarcan elementos de gestión, mejoras puntuales y la preservación de diferentes niveles de servicios y la atención de diferentes situaciones viales de esta forma buscar la preservación del estado funcional de las vías, de esta manera cumple con la función de mantener carreteras.

Es fundamental recalcar que el tránsito repetido de pesados automóviles sobre la superficie asfáltica genera flexión, lo que produce esfuerzos y tensiones en la capa inferior. Este esfuerzo y tensión hace que la carga persista, lo que lleva al deterioro de la



rigidez de la capa de asfalto y, en última instancia, al hundimiento plástico. Además, este hundimiento va acompañado de deformaciones como grietas que se manifiestan en la superficie (Rondón & Reyes, 2015).

La carretera Arapa – Azángaro es una vía de transitabilidad de mucha utilidad para el distrito de Arapa puesto que es la única fuente de comunicación que une con la provincia, esto se valora como la única vía de salida a las personas de dicho distrito que cuenta con 8 485 habitantes a una densidad de 22.03 habitantes por Km<sup>2</sup> que al 100% dependen de la provincia de Azángaro, por ejemplo, en área de educación, todos los docentes viajan a diario por dicha vía para impartir conocimiento. Asimismo, en el área de salud a diario viene de emergencia la ambulancia desde el distrito de Arapa hacia el hospital de Azángaro y el gran problema se evidencia que presenta deterioro de la superficie de rodadura por diferentes fallas, donde el 65% de la vía se encuentra un deterioro con presencia de fisuras y pérdida de material, Estos daños influyen negativamente en la conducción y además afectan a la seguridad del tráfico, por lo que deben repararse a tiempo.

El estado de las carreteras “es una de las causas con mayor porcentaje a la hora de producir averías en vehículos y/o accidentes y puede comprometer sobremanera la seguridad durante el trayecto” (Maquinter, 2022). Por otro lado, la empresa Provias en un análisis situacional, determinó el grado de servicio a través de técnicas tradicionales en la vía, encontró que el 38% de carreteras de transitabilidad como servicio inadecuado y el 62% de servicio adecuado a los 5 meses terminada la obra en ese año. Además según el reporte de dicha empresa se gasta un presupuesto de mantenimiento de 17,622.47 soles por kilómetro anual en los métodos parchado, nivelación, limpieza y señalizaciones, es por lo cual este estudio se encuentra enmarcado a mejorar la superficie de rodadura empleando el diseño OTTA SEAL teniendo un proceso de construcción adecuada a las



canteras existentes en el zona, con la finalidad de aportar el mejoramiento de resistencia, deformaciones y elasticidades de las superficies de rodadura de esta manera mejorar la conservación y vida útil de las vías, mejorando en el ámbito social el desarrollo del distrito de Arapa en el comercio, en el transporte de sus materias primas, en educación y en el área de salud de los 8 485 habitantes de dicho distrito.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Problema general**

¿En qué medida la aplicación de la técnica OTTA SEAL mejorará la transitabilidad en la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Arapa – Azángaro, 2022?

### **1.2.2 Problema específico**

¿Cuál es la situación actual de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Arapa – Azángaro, 2022?

¿Cómo es el diseño y el proceso de construcción de la técnica OTTA SEAL para mejorar la transitabilidad de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Arapa – Azángaro, 2022?

¿En qué medida mejoró la transitabilidad y el índice IRI de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, antes y después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL en la carretera Arapa – Azángaro, 2022?

## **1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 Hipótesis general**

La aplicación de la técnica OTTA SEAL mejorará considerablemente la transitabilidad de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Arapa – Azángaro, 2022.



### 1.3.2 Hipótesis específico

La ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Arapa – Azángaro se encuentra en alguna situación deplorable con bastantes deterioros.

El diseño y el proceso de construcción de la técnica OTTA SEAL mejorará la transitabilidad de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Arapa – Azángaro, 2022.

La transitabilidad y el índice IRI de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, mejoró con la aplicación de la técnica OTTA SEAL en la carretera Arapa – Azángaro, 2022.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Este estudio se plantea para mejorar la transitabilidad la de carretera Arapa – Azángaro, lo cual es uno de los problemas de la región en muchas redes de tránsito habilidad que tenemos, basada en una justificación teórica que la técnica OTTA SEAL es un método que se aplica para realizar tratamientos superficiales de carpeta asfáltica, por lo que es útil su aplicación en carreteras que se localizan en zonas rurales en donde no hay mucho tránsito de vehículos, lo cual cumple las condiciones para poder realizar esta investigación en dicha carretera Arapa – Azángaro.

Ademas, la investigación es importante porque la técnica OTTA SEAL implica la carpeta rodado asfáltica que comúnmente se aplica en vías con poca transitabilidad, esta comprende superficies bituminosas de 16 mm de grosor hasta 32 mm el cual puede estar constituida por 1 o 2 capas, por lo tanto la construcción involucra diferentes riegos de asfaltos suaves utilizado en caliente, continuado del riego de agregados integrales que tiene un compacto al interior desde el asfalto utilizando un rodillo o camiones con carga pesada en lo cual esta investigación es de mucha importancia para poner a prueba dicha técnica y así mejorar la Transitabilidad de la carretera Arapa – Azángaro lo cual



comprende en plantear soluciones para el mejoramiento o ampliar los parámetros geométricos y técnicos en la ruta con diferentes cambios en el eje vertical o transversal.

Realizando una comparación de OTTA SEAL y otros aditivos en el diseño de asfalto es importante porque permite a los ingenieros comprender mejor las diferencias entre varios productos. Usando esta comparación, los ingenieros pueden determinar con mayor precisión qué aditivos son los más adecuados para el proyecto específico. Pueden analizar el rendimiento de diferentes productos en diferentes condiciones y adaptar su diseño de asfalto en consecuencia. Esta información puede ser invaluable para crear una superficie de asfalto exitosa y duradera. Además, analizar los pros y los contras de cada producto puede ayudar a los ingenieros a tomar decisiones informadas sobre qué aditivos usar para lograr el resultado deseado.

Al respecto, Ramírez (2020), “El tratamiento de Otta Seal es considerado como uno de los tratamientos de ejecución rápida en comparación al Slurry Seal, donde el Otta Seal empleado en la vía departamental Lamas - EMP PE-5N (Puente Bolivia) que se realiza en 50 días en cambio el Slurry Seal se desarrolla en 60 días, asimismo se encontró que el Otta Seal es un tratamiento superficial de menor costo que el Slurry Seal, debido que se encontró que en la carretera departamental Lamas el Otta Seal tuvo un costo de un millón de soles aproximadamente, en cambio el método de Slurry Seal de acuerdo con bloque transversal planteado posee un costo de 2 millones de soles redondeadas demostrando diferencias considerables”. Mediante el uso de esta comparación, los ingenieros pueden asegurarse de que sus diseños de asfalto sean más rentables y duraderos. OTTA SEAL ha sido la opción preferida para muchos ingenieros de asfalto debido a su asequibilidad y eficacia comprobada para prolongar la vida útil del pavimento. Sin embargo, hay otros aditivos disponibles que ofrecen un mejor rendimiento que OTTA SEAL solo. No se puede exagerar la importancia de evaluar cuidadosamente



cada una de estas opciones, ya que una decisión equivocada puede ser costosa en términos de tiempo y recursos. Por ejemplo, algunos aditivos pueden ser más costosos, pero prolongan la vida útil del pavimento, lo que significa que pueden ser más rentables a largo plazo. Además, ciertos aditivos pueden proporcionar un rendimiento superior en áreas.

Por otro lado, otro estudio de comparación de OTTA SEAL fue de Joya y Pezo (2015) donde el Otta Seal es un alternativa de solución para tratamiento superficial monocapa, debido que no cumple con estándares de Otta Seal ya que no coloca una imprimación y no se empleó PEN 150-200 y en cuanto a Slurry Seal se determinó que técnicamente sirven para mantener pavimento asfáltico periódicamente y se encontró que en las rutas señaladas no se colocó sobre una base, mediante la evaluación realizada se determina que los diferentes casos poseen presupuestos, mantenimientos, determinando que el método Otta Seal presenta costos menores a diferencia de otros.

Finalmente, cabe recalcar que OTTA SEAL es un tipo de tratamiento superficial asfáltico que consiste en una mezcla de agregados graduados y ligantes bituminosos, con o sin cobertura de arena, que se aplica sobre una base granular para formar una superficie de rodadura (Rujel & Solórzano, 2015). Es un método que se originó en Noruega y que tiene ventajas como flexibilidad, durabilidad y bajo costo. Sin embargo, también tiene desventajas como la necesidad de un buen control de calidad, una adecuada selección de los materiales y un mantenimiento periódico. Algunos factores que influyen en la selección del tipo de OTTA SEAL son el volumen de tráfico, la capacidad de rodamiento del pavimento, la expectativa de vida útil y la evaluación económica. El Otta Seal no es una capa estructural porque no contribuye a la resistencia o la capacidad de soporte del pavimento, sino que solo mejora la superficie de rodamiento y protege la base granular. El Otta Seal depende del engranaje o agarre mecánico entre los agregados y el ligante para su desempeño, y tiene una excelente flexibilidad bajo condiciones de alta deflexión.

El Otta Seal puede ser simple o doble, y puede usar o no una cobertura de arena.

## 1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.5.1 Objetivo general

Aplicar la técnica OTTA SEAL para mejorar la transitabilidad de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Arapa – Azángaro, 2022.

### 1.5.2 Objetivos específicos

- Evaluar la situación actual de la carretera PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500
- Diagnosticar el diseño y el proceso de construcción de la técnica OTTA SEAL para mejorar la transitabilidad de la carretera PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500
- Comparar la transitabilidad de la carretera PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, antes y después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL.

## 1.6 VARIABLES

**Variable Independiente:** Aplicación de la técnica OTTA SEAL

**Variable dependiente:** Transitabilidad

### 1.6.1 Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicador
<b>Variable Independiente</b> Aplicación de la técnica Otta Seal	Situación actual	Topografía Daños en la superficie de rodadura Drenaje
	Diseño	Estudios básicos Diseño de mezcla Concentración de agregados y emulsiones Porcentaje de OTTA SEAL
	Proceso de construcción	Imprimación Sellado



		Detalles calidad
<b>Variable dependiente:</b>  Transitabilidad	Índice IRI	Bacheos  Nivel de rugosidad
	Trafico	Total de vehículos por día  Aforo vehicular





## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1 Nivel internacional

Galeano (2020), en su investigación, diseñó una estructura de pavimento flexible empleando un tratamiento superficial de Otta Seal doble como una forma de mejorar la vía localizada en la veredas de Zuria, elaborado desde la metodología de campo, concluyendo que a través de evaluación del campo donde se determinó que existen fallas pronunciadas que conllevan a que la vía sea insegura, frente a ello se planteó alternativas de tratamiento como es el mantenimiento superficial doble, considerando que esta es una alternativa nueva y diferente que demostró tener eficiencia, confiabilidad y durabilidad en comparación con los demás diseños lo que brinda una rugosidad que previene el deslizamiento transeccional y longitudinal de autos y vehículos.

Ceylan, et al. (2018), en su estudio evaluó si los sellos de Otta Seal permiten realizar un tratamiento superficial alternativo para el progreso de carreteras de bajo tránsito, realizado desde la metodología de tipo descriptivo, concluyendo que el sello Otta Seal de doble capa demostró ser eficiente y demostraron ser más rentables que los sellamientos de Chip, en cuanto a lo económico el sello Otta Seal puede justificarse por la reducción de presupuestos ya que para su mantenimiento se requiere presupuesto menor a diferencia de los demás, asimismo se evidenció la utilización de sellos de Otta Seal para brindar datos e información actual acerca de sus propiedades, diseño y construcción, por lo que realizan recomendaciones de diseño que implican la elección de materiales, la tipología de sello Otta y las preparaciones previos a la implementación y cuestiones de construcciones.



Valero y Magalón (2018) en su estudio desarrolló un análisis situacional del tramo Juncal hasta Úmbita que se encuentra en el departamento de Boyacá, Colombia”, realizado desde la metodología de tipo descriptivo y de campo, concluyendo que: “se realizó un inventario de archivos y documentos sobre mantenimiento vial, se determinó que no se encontró ningún diseño que cumpla con los parámetros especificados en la norma INVIAS, por lo que es importante y requerido realizar el desarrollo de un diseño de carreteras donde se realice una calzada ampliada, con diseños de curvas verticales y horizontales y el trazado nueva”.

Aravena y Guzmán (2011) en su estudio planteó el Otta Seal como herramienta del sellado para vías sin pavimentación como el tramo Hualqui - San Onofre, VIII zona Chile”, estudio de tipo descriptivo, comparativo, concluyendo que: “a técnica del Otta Seal, tiene un comportamiento bueno y es una alternativa de solución que se ajusta para vías de poca transitabilidad y su tratamiento requiere de un presupuesto menor al de un vía con DTS, por lo que sugiere que se realice un monitoreo es esta vía desde el método Otta Seal para identificar las condiciones de funcionamiento en un periodo determinado”.

### **2.1.2 Nivel nacional**

Ccancapa (2022), realizó un estudio denominado “Aplicación del tratamiento Otta Seal para un mantenimiento Vial de la Carretera PE – 30B 66 + 981 – 116 + 716, Andahuaylas 2022” cuyo propósito fue ejecutar la tecnología del Otta Seal tenga la finalidad de mejorar el servicio de transitabilidad en la ruta PE – 30B 66 + 981 – 116 + 716, desarrollado desde la metodología de tipo aplicada, descriptiva de diseño no experimental, concluyendo que se identificó los daños de pavimento, por lo que se requiere considerar que necesita tratamiento correctivos, ya que se visualizó que por la carretera circulan vehículos pesados y ligeros por lo que se requiere de una propuesta que realice tratamiento superficial bituminoso, procediendo a diseñar la cantera del km



16+000 bajo valores y estándares establecidos para la gradación media, el cual dependerá del tráfico vehicular que en este caso se determina que la circulación de vehículos es de nivel regular en el proceso de análisis granulométrico, el agregado cumplió con las especificaciones prescritas dentro del rango aceptable. Para el ligante se utilizó un cemento asfáltico con calificación PEN (120/150). Durante la aplicación se calibró la dosificación en la sección de ensayo, resultando una cantidad de ligante de 2,05 Lt/m<sup>2</sup> y una tasa agregada de 23kg/m<sup>2</sup>.

Rojas (2017) en su estudio resolvió acerca de las condiciones no adecuadas de tránsito habilitado que existe en las carreteras estudiados, lo cual se encontraba en condiciones inadecuados hasta la actualidad donde la pavimentación es base que brinda soporte vehicular producto de aumento vehicular debido que se apertura una vía automotora, concluyendo lo siguiente:

“El proyecto de la vía en estudio tuvo una ejecución de obra de 300 días calendario, donde se trabajó una longitud de 5,25 km basada en la normatividad DG 2013 aumentando el aforo a 5323 vehículos por día, teniendo un ancho de superficie de rodadura de 14 m, y una velocidad directriz de 60 km/h, todos aquellos se realizaron mediante el estudio geológico y cuyo tipo de superficie de rodadura fue pavimento rígido”.

Huamán y Oscco (2021), realizaron un estudio donde evaluaron la rehabilitación superficial de asfaltos empleando el método OTTA SEAL permitiendo mejorar el tránsito en el km 70+000 al km 75+000 de la vía Andahuaylas - Negromayo, 2020”, estudio realizado desde la metodología de tipo descriptivo no experimental, mediante fichas de ensayo, concluyendo que: se encontró que la alternativa de solución planteada para aplicar Otta Seal en carpetas asfálticas no demuestra aporte favorable en el soporte de estructura paviméntales, no obstante se encontró que es una de las alternativas que mayor



se ajustan para otro tipo realizar mantenimientos de carreteras gracias a su presupuesto menor, asimismo aporta en mejorar Serviciabilidad y reducir polvos, debido que recibe superficies sellados evitando de esta manera daños y pérdidas de materiales finos ya que demanda menor costo de operación.

Ramírez (2020), en su tesis determinó el análisis técnico y el coste generado por los tratamientos realizados a superficies aplicando Otta Seal para vías con volumen bajo de transitabilidad en San Martín – 2019”, elaborado bajo la metodología de tipo descriptivo, concluyendo que el tratamiento de Otta Seal es considerado como uno de los tratamientos de ejecución rápida en comparación al Slurry Seal, donde el Otta Seal empleando en la vía departamental Lamas - EMP PE-5N (Puente Bolivia) que se realiza en 50 días en cambio el Slurry Seal se desarrolla en 60 días, asimismo se encontró que el Otta Seal es un tratamiento superficial de menor costo que el Slurry Seal, debido que se encontró que en la carretera departamental Lamas el Otta Seal tuvo un costo de S/. 1'516,124.14, en cambio el método de Slurry Seal de acuerdo con bloque transversal planteado posee un costo de S/. 2'082,735.67, demostrando diferencias considerables”.

Delgado (2020), en su estudio diseño de pavimentos con volumen bajo de tráfico en el paso a desnivel de San Clemente con mejoramiento de superficie bicapa, realizado desde la metodología de tipo descriptivo y aplicativo, arribando a conclusión de que: “un TPDA era de 156 veh/día, tomando en cuenta como una carretera de clase tercero de acuerdo al DG2018, por lo tanto es categorizado como una vía con pavimentación de costos menores, asimismo se encontró que la estructura de apoyo dio como resultado un CBR de 24%, determinando que existe una buena subrasante”.

Joya y Pezo (2015) en su estudio demostró la eficacia de tratamiento de superficie planteados en situaciones señalados como son Otta Seal y Slurry Seal, evaluando costes de realización y de conservación rutinaria posterior a mantenimiento correspondiente,



elaborado desde la metodología de tipo descriptivo y aplicativo, arribando a conclusión de que: “el Otta Seal es un alternativa de solución para tratamiento superficial monocapa, debido que no cumple con estándares de Otta Seal ya que no coloca una imprimación y no se empleó PEN 150-200 y en cuanto a Slurry Seal se determinó que técnicamente sirven para mantener pavimento asfáltico periódicamente y se encontró que en las rutas señaladas no se colocó sobre una bases, mediante la evaluación realizada se determina que los diferentes casos poseen presupuestos, mantenimientos, determinando que el método Otta Seal presenta costos menores a diferencia de otros”.

Pinedo (2016), en su estudio elaboró un “análisis de carpeta asfáltica mejorando el IRI empleando el polímero polietileno en vías vecinales según en el Nuevo Shupishiña MORALES – 2016”, desarrollado desde la metodología de tipo analítico de diseño de campo y gabinete, concluyendo que mediante “que al diseñar la carpeta asfáltica transformada con polímero polietileno alcanzada en el ensayo Marshall es de 40% de gravilla chancada, donde el 50% de arena chancada oriundos del rio Huallaga y el 10% de arena que son de rio Cumbaza”, dando como resultados que la mezcla asfáltica tuvo resultados favorables de 0,5%”, con lo referido a los estudios desarrollaos en laboratorios correspondientes con ensayos correspondientes se encontró existe variaciones considerables en los parámetros y elementos geológicas, físicas y mecánicas, resaltando entre ellos la resistencia frente a desgastes, estabilidad, entre otros a diferencia de carpeta asfáltica tradicional por lo tanto, se determina que los deterioros, desgastes se reducirán de manera notoria con la aplicación de esta mezcla mejorada.

### **2.1.3 Nivel local**

Chipana y Sanca (2022), realizo un estudio donde analizó de qué manera el tratamiento superficial empleando Otta Seal tiene un efecto considerable en la serviciabilidad en la carretera nacional Arapa – Chupa, Puno – 2022, cuyo metodología



fue descriptivo de diseño no experimental, donde evaluó la condición de la carretera con el propósito de identificar la serviciabilidad donde estuvieron expuestos de conductores además de analizar las condiciones en las que se encuentran para posterior emplear el tratamiento superficial Otta Seal, concluyendo que estadísticamente se encontró que el tratamiento de Otta Seal incide de manera estrecha en la calidad de mejoramiento de serviciabilidad de la carrera en sus indicadores de PCI y PSI en la cual se resaltan las categorías y valores establecidos dado que demuestran tener excelencia de la técnica.

Salazar y Trigos (2020), en su estudio “determinó comportamientos mecánicos de carpeta asfáltica ejecutado en el elastómero termoplástico estireno-butadieno-estireno, considerando que estos contribuyen fundamentalmente en el desarrollo,, debido que brinda alternativa nueva para diseñar mezclas asfálticas lo que implica cambiar diseños tradicionales”, elaborado desde la metodología de tipo aplicada de diseño cuasiexperimental, de nivel explicativo, concluyendo que “mediante la aplicación de elastómero termoplástico Estireno - Butadieno -Estireno se logró mejorar la obstinación de carpetas asfálticas, gracias al aumento de resistencias comprensibles de 2.5 MPa en mezclas tradicionales a una mezcla transformada con 3.0 MPa con un aumento de 12.2%, de igual forma evidencia que la carpeta asfáltica donde se empleó la mezcla asfáltica posee estabilidad mayor, por lo que demuestra tener resistencia mayor frente a vehículos con cargas pesados.

Flores (2021), desarrollo una investigación, donde “identificó el grado de servicio en micro pavimentos OTTA SEAL a través de técnicas tradicionales en la vía Arcopunco Cabana, Puno 2020”, siendo de tipo aplicada, de diseño experimental de nivel explicativo, llegando a concluir que: “se encontró que el 28% de carreteras de transitabilidad de Arcopunco – Cabana – Puno, de encuentra como servicio inadecuado y el 72% de servicio adecuado, asimismo se determinó que es fundamental considerar las irregularidades que



surgen en el proceso de ejecutar las evaluaciones del IRI en el micro pavimento Otta Seal, debido que existe diferentes secciones que necesariamente no forman parte de la carretera, entre ellas resaltan como los Giba, alcantarillados, y finalmente se demostró que a la carretera tratado con Otta Seal tenga monitoreo correspondientes para realizar el mantenimiento considerando los desgastes y deterioro que demuestra la vía”

Zapana (2013), en su estudio “evaluó la situación de la solución a través de Otta Seal del tramo Pucara – Calapuja empleando técnicas no destructivas”, siendo una tesis de tipo aplicada – descriptiva de diseño transeccional, concluyendo que los valores Calculados que la subrasante tiene un comportamiento de Regular a Malo y respecto a la identificación del IRI se determinó que se encuentra en estado regular finalmente respecto al Tratamiento Superficial “Otta Seal”, es un tratamiento muy viable y económico que su comportamiento se vería mejor sobre vías de bajo tránsito, mientras que en vías de alto tránsito no está comportándose adecuadamente y esto está generando fallas en la vía, en mayor magnitud en la superficie de rodadura a largo plazo.

Diego (2014) en estudio “describió los efectos del Equipo ROUGHOMETER III aplicado para estimaciones del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de la vía Huancavelica – Santa Inés”, desarrollado bajo la metodología de tipo descriptivo, concluyendo que se midió el IRI, obteniendo resultados superiores del equipo Roughometer III a diferencia del Rugosímetro Merlín. Asimismo se determinó que “Otta Seal es un método que permite realizar tratamientos de superficies con presupuestos menores específicamente para tratar y dar protección a las estructuras paviméntales, no obstante, no cumple con ninguna función estructural respecto a la redistribución de refuerzos, por lo tanto la rigurosidad de la carretera va dependen de la calidad que tienen las capas inferiores y del drenaje diseñado, pero la Otta Seal posee ventajas importantes resaltando que se necesita pocos recursos”.



## **2.2 MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1 Técnica OTTA SEAL**

Los ingenieros noruegos utilizaron un método novedoso y experimental en 1963 para crear la primera superficie sellada con la técnica Otta Seal. El objetivo principal era idear una técnica que pudiera aumentar el nivel de calidad de la construcción a un costo comparable al del mantenimiento. Al año siguiente, el Laboratorio de Investigación de Carreteras de Noruega creó una técnica que implicaba la aplicación de un rociado bituminoso con guijarros de grava y una capa blanda que contenía una proporción relativamente alta de agentes aglutinantes. (Guzmán & Aravena, 2011)

Otta Seal es una capa asfáltica utilizada en carreteras con poco tráfico. Esta técnica se originó en Noruega y desde entonces ha sido adoptada en varios países, incluidos Sudáfrica, Suecia, Islandia, Kenia, Zimbabue, Bangladesh y Australia. El proceso consiste en rociar un asfalto blando que se ha calentado y luego agregar un agregado que se integra y compacta en la capa de asfalto mediante un rodillo o un camión. La superficie bituminosa es de una o dos capas, con un espesor de 16 mm o 32 mm. Si la grava utilizada es triturada o incrustada, la superficie variará. Las mismas herramientas utilizadas para los tratamientos de superficie también se utilizan para este método (Elias, 2009).

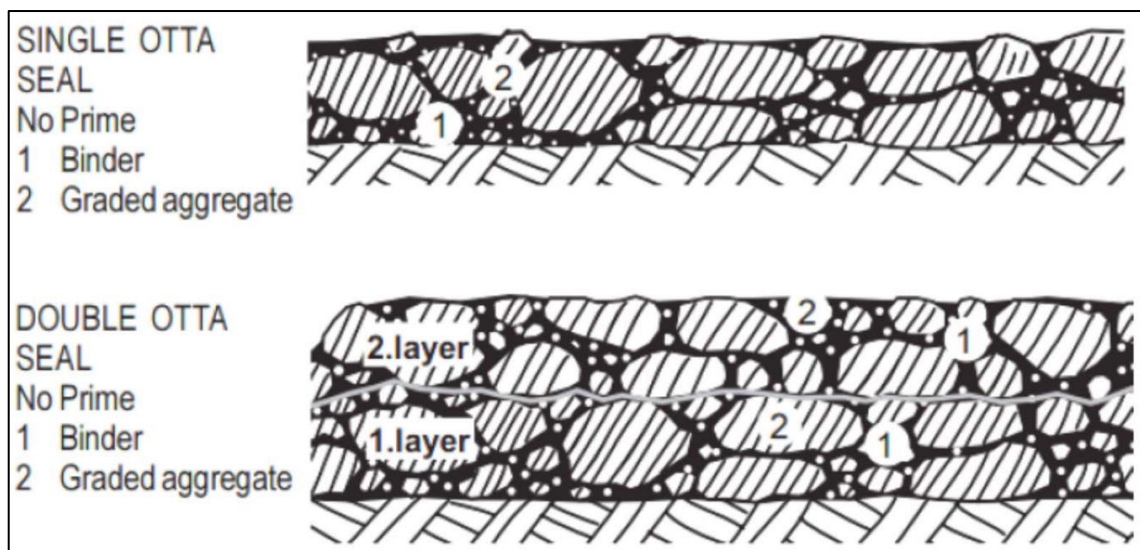
### **2.2.2 Descripción y tipos de la Técnica OTTA SEAL**

El Otta Seal se describe como una superficie bituminosa que abarca desde 16 a 32 mm de grosor y se compone de una mezcla de materiales que incluye piedra triturada y tierra natural mezclada en capas generalmente lisas (de baja viscosidad), con o sin recubrimiento de arena. En función del tipo de árido, del número de capas y de la presencia de arena, el autor afirma que existen muchas variedades de Otta Seal, entre ellas: Con o sin revestimiento de arena, un único Otta Seal con un tipo de agregado



abierto, medio o grueso. Tipos de agregados abiertos, medios o gruesos, con o sin revestimiento de arena. Doble Otta Seal (Overby, 1999).

Según Noriega, (2020) consisten principalmente en una superficie bituminosa de entre 16 y 32 mm de espesor, formada por una mezcla de partículas de tierra, salsa dosificada y tapones relativamente suaves (de baja viscosidad), con o sin tapón de arena. Este tipo de superficie contrasta marcadamente con los típicos recubrimientos de agregado triturado de alta viscosidad, como los sellos de arena. Los sellos Horta vienen en varios tipos, según la cantidad de capas, el tipo de secado y si se usa un recubrimiento de grano. Estas categorías son generalmente las siguientes: Sellos OTA de una y dos capas: con o sin cubierta de arena.



**Figura 1.** Tipos de aplicación de la técnica Otta Seal

### 2.2.3 Condiciones de la carretera para utilizar OTTA SEAL

La resistencia del agregado en una premezcla asfáltica se debe a la unión mecánica y las capas de cemento asfáltico. Para obtener resultados óptimos, se debe permitir que el tráfico pase inmediatamente después del vertido. La apariencia final de la superficie tarda aproximadamente de cuatro a ocho semanas en desarrollarse por completo. En el caso de un exceso de superficie de cemento asfáltico durante el vertido o el tráfico, la solución es



llenarlo con agregado fino y permitir que fluya hacia los vacíos del agregado para crear una superficie compactada que imite una premezcla convencional. Este enfoque requiere una perspectiva diferente sobre el tema de la exudación en Otta (Noriega, 2020).

#### **2.2.4 Ventajas de la utilización de OTTA SEAL**

El uso de Otta Seal ofrece varios beneficios, como su capacidad para construir carreteras en áreas remotas donde la instalación de maquinaria sería demasiado costosa. Además, el costo de mantenimiento de Otta Seal es relativamente bajo. Además, esta plataforma es adaptable y duradera, por lo que es compatible con cualquier tipo de pavimento y requiere una capacidad de rodadura mínima. (Yamunaque, 2020)

Los beneficios de esta aplicación de mejora incluyen un aumento de la capacidad de servicio y un abaratamiento de los costes de explotación para los usuarios de la carretera, así como la posibilidad de mejorar la calidad de vida de quienes viven cerca de la carretera a un bajo coste. Reducción o eliminación del polvo; menores gastos de mantenimiento normal; y método eficaz para mejorar las carreteras mediante el uso de nueva tecnología vial (Elias, 2009).

#### **2.2.5 Desventajas de la utilización de OTTA SEAL**

Cuando se utiliza el método Otta Seal, existen ciertos inconvenientes a considerar. Uno de esos inconvenientes es la visibilidad de las inconsistencias y el exceso de alquitrán en algunas áreas de la carretera durante los primeros seis meses posteriores al procedimiento. Esto puede llevar a la percepción de que este método es de menor calidad en comparación con otros procesos convencionales de alquitrán. Sin embargo, después de un período de 8 a 12 semanas, la superficie se asienta y se vuelve más uniforme, acercándose al nivel de excelencia observado en otros métodos de alquitrán de alta calidad (Montejo, 2002)

## 2.2.6 Comparación del Otta Seal con otras técnicas

La Tabla 1 muestra una tabla de comparación de “costos directos para la construcción y aplicación de recubrimientos para una distancia de transporte promedio de 5,50 m de ancho y 1 km de largo” (Palomino, 2021).

**Tabla 1.** Cuadro de costos de intervención

Partida	Longitud (Km)	Ancho (m)	Costo en dólares (\$)
Afirmado e=0.15 m	1.00	5.50	8 216.00
Afirmado e=0.15 m con imprimación reforzada	1.00	5.50	17 572.00
Afirmado e=0.15 m con tratamiento superficial simple	1.00	5.50	21 066.00
Afirmado e=0.15 m con tratamiento superficial bicapa	1.00	5.50	26 116.00
Afirmado e=0.15 con <u>Slurry Seal</u>	1.00	5.50	21 100.00
Afirmado e=0.15 con Otta Seal	1.00	5.50	15 428.00
Afirmado e=0.15 con Otta <u>seal</u> Doble	1.00	5.50	22 259.00

**Fuente:** Joya & Pezo (2015)

De la misma forma, en la tabla 2 se muestra las alternativas de solución de pavimentación según las regiones del país, en lo cual se recomienda el empleo de las diferentes alternativas de pavimentos económicos, que se puedan aplicar por regiones (Palomino, 2021).

**Tabla 2.** Alternativas de solución de pavimentación

Alternativas de solución de pavimentación	Costa	Sierra	Selva
Afirmado	X	X	X
Afirmado estabilizado con cloruro de calcio	X		
Afirmado estabilizado con cloruro de magnesio	X		
Afirmado estabilizado con cemento		X	X
Afirmado estabilizado con cal		X	X
Afirmado estabilizado con emulsión	X	X	X
Afirmado con imprimación reforzada	X	X	X
Afirmado con tratamiento superficial simple	X		
Afirmado con tratamiento superficial bicapa	X	X	
Afirmado con Slurry Seal	X	X	X
Afirmado con Otta Seal	X	X	

**Fuente:** Palomino (2021).



Según la situación en las regiones de la sierra, si se aplica la estabilización utilizando cemento o cal, es recomendable la distribución de un recubrimiento asfáltico para la protección de capa.

### **2.2.7 Diseño de mezcla de la técnica OTTA SEAL**

El Otta Seal suelen construirse de forma similar a los sellos de Brea tradicionales. Tras la aplicación y el laminado del agregado, el revestimiento se proyecta sobre la superficie. Las juntas Otta Seal, en cambio, no requieren la aplicación de una imprimación. Al respecto, Cavieres (2008), menciona que “Otta Seal es una técnica que consiste en un sello asfáltico empleado para la protección de una capa granular y comprende en emplear una película gruesa de ligante blando recubriendo una capa de agregados de pétreo de graduación que es distribuida de manera uniforme y constante” (p. 45)

### **2.2.8 Agregados para la utilización de OTTA SEAL**

Dice que ciertos materiales pueden ser utilizados como agregados para el proceso de Otta Seal; estos agregados de baja resistencia pueden ser utilizados rutinariamente a diferencia de los utilizados en otros procedimientos. Roca coralina, tierra natural que ha sido tamizada y molida a partir de gravas de arena y gujarros pedregosos que han sido expuestos al exterior. Material procedente de la morrena, tamizado o molido. Sedimento fluvial y lacustre en forma de tierra o arena tamizada. Partículas descompuestas y clasificadas de granito o laterita. Diferentes tipos de roca que han sido pulverizados y tamizados (Ccanccapa, 2022)

Tamiz [mm]	Grueso [% que pasa]	Medio [% que pasa]	Fino [% que pasa]
19	100	100	100
16	80-100	84-100	93-100
13,2	52-82	68-94	84-100
9,5	36-58	44-73	70-98
6,7	20-40	29-54	54-80
4,75	10-30	19-42	44-70
2	0-8	3-18	20-48
1,18	0-5	1-14	15-38
0,425	0-2	0-6	7-25
0,075	0-1	0-2	3-10

**Figura 2.** Granulometría de agregado pétreo utilizado para el Otta Seal

**Fuente:** Cavieres (2008)

TMDA	Tipo de cemento asfáltico		
	Suelo grueso	Suelo medio	Suelo fino
>1000	No aplicable	CA 150-200	MC 3000 MC 800
100 – 1000	CA 150-200	CA 150-200	MC 3000 MC 800
<100	CA 150-200	MC 3000	MC 800

**Figura 3.** Tipos de cemento asfálticos aplicados para el Otta Seal

**Fuente:** Cavieres (2008)

### 2.2.8.1 Agregados molidos y cernidos

Hace referencia a los materiales que son procesados y buscan remover las partículas excesivas o grandes y pequeñas que les permita poseer una consistencia donde permita cumplir con los requisitos para el uso de Otta Seal, entre los agregados finos y cernidos que comúnmente se emplean se encuentran las piedras y gravillas chancadas (Huamán & Oscco, 2021).

### 2.2.8.2 Requisito de los agregados

Según, Huamán y Oscco (2021) entre los requisitos comunes de los agregados que se pueden utilizar en la técnica de Otta Seal se encuentran los siguientes:

- Tamaño: alude a que los agregados deben ser encontrarse entre 16 milímetros hasta 19 milímetros.
- Contenido de partículas finas: alude que los agregados deben ser menor a 0,075 mm y no deben superar el 10%.
- Escamosidad: alude a que para las piedras chancadas el descascaramiento no excede los 30.

- Sellados con cobertura de arena: implica que los agregados no deben tener materias orgánicas ni algún otro resto como arcillas, ya que estas deben tener matiz de 6,7 mm.
- Cobertura; implica que los agregados deben ser suaves ya que esto permite cubrir las partículas finas de la misma.

Propiedades de Materiales	Requisitos	AASHTO
Índice de plasticidad	Max 10	T90 - 61
Índice de descamación	Max 30 (aplicado solo para material triturados)	BS 812
Tamaños de tamiz (mm)	Requisitos generales de calificación (% pasante)	
19	100	T141 - 49
16	80 - 100	
13.2	52 - 100	
9.5	36 - 98	
6.7	20 - 80	
4.75	10 - 70	
2.00	0 - 48	
1.18	0 - 38	
0.425	0 - 25	
0.075	0 - 10	

**Figura 4.** Requerimientos generales de material para usar Otta Seal  
**Fuente:** Ccanccapa (2022)

### 2.2.9 Aditivos para la utilización de OTTA SEAL

Los aditivos son materiales o sustancias que se agregan a la aplicación de la técnica de Otta Seal las cuales dependen mucho del índice de filtración de la brea y del tipo de bitumen, además del resquebrajamiento que se presentan, mediante los aditivos se espera mejorar o mantener la textura de la superficie.

Grado de la brea rebajada	aditivo	nota
<b>RC</b> (curado rápido)	Petróleo	Peligroso, no usar
<b>MC</b> (curado medio)	Querosene (parafina fuerte, parafina de iluminación, Jet <u>A1</u> , combustible de avión)	perfecto
<b>SC</b> (curado lento)	Diesel o aceite de motor	curado muy lento

**Figura 5.** Aditivos para el uso del método de sellado Otta Seal

### **2.2.10 Emulsiones para la utilización de OTTA SEAL**

Las emulsiones aluden de manera común a la combinación de tres componentes importantes que son el agua, el asfalto y los agentes emulsificantes que facilitan mezclar dos elementos que por su naturaleza son químicos y no pueden mantenerse combinados posterior a la mezcla. Al respecto, (Huamán & Oscoco, 2021) mencionan que existen dos tipos de emulsiones y son las siguientes:

- Emulsiones catiónicas
- Emulsiones aniónicas

### **2.2.11 Procesos de Construcción de con la técnica OTTA SEAL**

***Preparación de la ruta de la base:*** Para Otta Seal, al igual que con los Pitch Seals tradicionales, es importante una conexión firme entre la base y la superficie. Sin embargo, a diferencia de Pitch Seals, Otta Seal no requiere el uso de imprimación. Cuando se utiliza una base sin imprimación, es fundamental limpiar la superficie con una pequeña cantidad de agua antes de aplicar para facilitar la penetración del polvo en la base. Por otro lado, cuando se utilice una base imprimada, primero se debe tratar la superficie con imprimación, siguiendo el mismo procedimiento que con otros sellos bituminosos.

***Operaciones de sellado:*** En la construcción de Otta-Seals hay que tener en cuenta los siguientes detalles: Si la brea ha sido empujada sobre el árido de manera uniforme y pareja, se obtendrán buenos resultados. en los neumáticos del esparcidor de brea. Mantenga los apoyos en el Otta-Seal al mínimo. Para el día de la construcción, se necesita un mínimo de 2 rodillos neumáticos con un peso combinado de 12 toneladas o más. construcción. Ejercer presión en toda la región. El rodillo neumático debe realizar un mínimo de 15 pasadas por toda la superficie, incluidos los bordes. Inmediatamente después de la instalación neumática, se debe permitir la circulación del tráfico comercial.

Rodillo después del tratamiento	Requisitos mínimos
<u>El día de la construcción</u>	15 pasadas con el rodillo neumático (peso > 12 ton.) <u>+ 1 pasada de la aplanadora</u>
<u>Siguientes dos días después de la construcción</u>	15 pasadas con rodillo neumático (peso > 12 ton.)
<u>2-3 semanas después de la construcción</u>	<u>Limpiar el exceso de agregado</u>

Nota: Se requieren dos rodillos neumáticos como mínimo. Uno solo retrasaría la operación.

**Figura 6.** Requisitos mínimos para el paso del rodillo y aplanadora

**Inspecciones de verificación y seguimiento:** “La inspección debe realizarse durante los primeros 6 a 7 días del sellado, especialmente si existen cambios en las condiciones del clima” (Zapana, 2013).

**Cuidados inmediatos pos-construcción:** El laminado y el fratasado adicionales forman parte de este mantenimiento con el fin de reimpregnar los cimientos con el agregado que se ha aflojado debido al tráfico (Overby, 1999).

**Manejo y control del tráfico:** El control del tráfico es un componente crucial que no debe desatenderse porque permitir el tráfico de inmediato ayuda a que la junta se cure y mejore su rendimiento. El objetivo del control del tráfico debe ser mantener toda la zona construida (Lamego, 2017)

### 2.2.12 Índice de Rugosidad (IRI)

El IRI es una unidad de medida para determinar la rugosidad de un firme. Permite evaluar la rugosidad del pavimento utilizando cualquier herramienta de medición e indica la rugosidad del pavimento en valores de IRI, lo que permite utilizar una única escala de medición para identificar las condiciones superficiales de una superficie de pavimento e identificar anomalías en algunos de sus tramos. “El Índice Internacional de Rugosidad es una herramienta para controlar el comportamiento de la carretera a lo largo del tiempo y permite establecer criterios de alerta para las carreteras actualmente en uso” (Tingal,





2021).

La acumulación del movimiento vertical de la suspensión de una rueda al desplazarse por la superficie a una velocidad de referencia de 80 km/h es otra definición del IRI. El modelo de un cuarto de coche está construido sobre una rueda vertical representada por un muelle, un eje soportado por un neumático, un muelle de suspensión, un amortiguador y un vehículo soportado por una rueda. Según la propia definición del IRI, las deflexiones a lo largo de la carretera se suman y se dividen por la distancia horizontal para determinar el grado de rugosidad (Sayers & Karamihas, 1997).

El grado de confort, la seguridad y los costes operativos para los usuarios, así como la minimización de los impactos dinámicos en el pavimento, se ven afectados por la cantidad de rugosidad del pavimento, siendo uno de los controles de recepción más significativos actualmente el IRI (Arraiga et al., 1998)

Por otro lado, según Sanga (2019) “Es un parámetro que se utiliza en superficies de rodadura, para determinar su regularidad y la comodidad en la conducción”. De la misma forma, Gutiérrez (2004) menciona que “se considera que promediar el IRI de cada huella es un mejor indicador de la uniformidad de la superficie de la carretera, según la norma ASTM E 1926-98, "Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads using Longitudinal Profile Measurements”

### **2.2.13 Transitabilidad**

Esta evidencia muestra la viabilidad de una carretera en particular, indicando que permanece abierta para el uso público y no ha sido restringida debido a ninguna "emergencia vial" que pueda haber provocado cierres o bloqueos a lo largo de su ruta. Estas emergencias generalmente surgen de una destrucción sustancial causada por elementos naturales, como deslizamientos de tierra saturados de agua conocidos como "huaicos", desprendimientos de rocas, inestabilidad del suelo, erosión de ríos o derrumbes



de puentes (Atarama, 2015).

La percepción directa de los usuarios de la vía juega un papel crucial en la determinación de la calidad funcional de una vía. En general, esta cualidad se puede definir por la capacidad de la carretera para facilitar un flujo de tráfico seguro y sin problemas, manteniendo una velocidad adecuada en función de su categoría designada (PIARC, 2022).

#### **2.2.14 Daños en superficie de rodadora en carreteras**

El estado físico de un pavimento, como la presencia de siniestros, hinchazones, baches u otras condiciones que podrían afectar sólo a la capacidad de carga de la estructura pavimental, tiene un impacto en el comportamiento estructural del mismo. El tráfico, el envejecimiento y el medio ambiente son los elementos que más influyen en el deterioro de la superficie del pavimento (Humpiri, 2015).

#### **2.2.15 Obras de arte en carreteras**

Cuando hablamos de obras de arte para carreteras, nos referimos a todas las construcciones exteriores que forman parte de la infraestructura vial. Éstas pueden dividirse en tres categorías, la primera de las cuales se denomina obras de drenaje e incluye estructuras como alcantarillas, zanjas, canales de descarga y cajones. La segunda categoría es la de estructuras de protección, que incluye estructuras estabilizadoras de taludes como gaviones, barreras de hormigón ciclópeo y estribos de puentes. La tercera categoría consiste en todos los elementos que contribuyen a la seguridad de la carretera, incluidos los bordillos, las barreras de seguridad, etc. (Hernández, Botero, Sandino, & Murillo, 2018)

### **2.3 MARCO CONCEPTUAL**



## **Agregado**

Hace referencia a las gravas o arenas de la naturaleza, asimismo implica las piedras trituradas que generalmente son empleadas para realizar mezclas que conlleva a producción de concretos, asimismo el agregado es un elemento importante debido que comprende casi el 75% de la mezcla.

## **Carretera**

Las carreteras son esencialmente vías de tránsito público diseñadas en gran medida para el tráfico de automóviles. Hay que distinguirlas de las autopistas y autovías, que no pueden tener cruces y pasos a nivel, y pueden estar conectadas a las propiedades vecinas por vías de acceso.

## **Estudio de tráfico**

El instrumento central de la ingeniería utilizado para conocer el tráfico (ingeniería de tráfico) y comprender su comportamiento es el estudio de tráfico. Para llevar a cabo un estudio de tráfico es necesario conocer bien el funcionamiento de este en las infraestructuras viarias, tanto nuevas como existentes. Para ello hay que medir sistemáticamente los numerosos factores que describen el comportamiento del tráfico.

## **Ruta**

Es un método para llegar de un punto a otro mediante el uso de un camino, una carretera u otra ruta. Una ruta es la dirección que se recorre para lograr un objetivo de la misma manera.

## **IRI**

Se hizo necesario desarrollar un índice para evaluar los deterioros y modificaciones verticales de las vías que repercuten en la transitabilidad de coches que circulan por ella, con el fin de definir los requisitos de calidad y rendimiento del pavimento que reflejen las condiciones presentes y futuras del estado de la superficie de una carretera.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

##### 3.1.1 Ubicación geográfica

El inicio de la ruta PE-34R se encuentra dentro de la jurisdicción de la provincia de Azángaro, cuyas coordenadas son: UTM WGS84: 8350243.88 N, 372188.33 E, tiene una altitud aproximada de 3560 msnm. El final de la ruta se encuentra en la provincia de Azángaro, distrito de Arapa UTM WGS84: 8325515.54 N, 38032155 E, tiene una altitud de aproximadamente 3836 msnm.

##### 3.1.2 Ubicación política

Departamento: Puno

Provincia: Azángaro

Distritos: Azángaro y Arapa



**Figura 7.** Ubicación política del estudio

### 3.1.3 Accesibilidad

Para llegar al punto de estudio, partiendo desde la ciudad de Puno se debe recorrer 117 km con un tiempo aproximado de 2 horas de viaje por la carretera asfaltada, más detalles se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3.** Accesibilidad al lugar de estudio

N°	Desde	Hasta	Longitud (km)	Tiempo	Tipo de Superficie	Estado
1	Puno	Juliaca	43.2	56 min.	Asfaltado	Bueno
2	Juliaca	Azángaro	73.8	1h 11 min.	Asfaltado	Regular
Total	Puno	Azángaro	117	2h 07 min.	Asfaltado	

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.1.4 Geología estructural

En la región existen diversas formaciones geológicas que exhiben distintas conexiones con actividades mineras, yacimientos de hidrocarburos y áreas susceptibles a eventos sísmicos debido a vulnerabilidades estructurales. Además, existen patrones estructurales bien definidos conocidos como la Cadena Andina y la Cadena Herciniana, cada uno formado en diferentes puntos en el tiempo, lo que resulta en diversos eventos de deformación dentro de composiciones litológicas variables (CVSP, 2019).

El área de estudio consta de varios dominios estructurales distintos, a saber, la Cordillera Oriental, el Altiplano Oriental, el Altiplano Occidental, la Cordillera Occidental, el Alto Condoroma, la Zona Subandina y la Llanura Amazónica.

Al realizar un análisis estructural del área de estudio, es posible identificar varias características geológicas, como fallas, pliegues y fracturas. Estas características fueron mapeadas originalmente en los mapas geológicos producidos por INGEMMET para la Región Puno. Posteriormente, se compiló un inventario completo y una descripción de estas estructuras geológicas, incluidas fallas, lineamientos y pliegues.



### **3.1.5 Geología regional**

El contexto geológico regional comprende parte cordillera occidental y parte del altiplano, donde afloran rocas de tipo intrusivo y metamórficas con cobertura de suelos residuales y/o aluviales, algunos depósitos coluviales, morrénicos y fluvio-glaciares, así como también depósitos aluviales y fluviales conformando terrazas (CVSP, 2019)..

Asimismo, cabe aclarar que la geología de la zona investigada presenta complejidad y variación, producto de los diferentes procesos orogénicos geomorfológicos que sucedieron en la región. Dando como resultados relieves desde plano, ondulado a accidentado, conformado por arenas, dunas, seguido de afloramientos rocosos como los metamórficos, ígneos y sedimentos que comprende periodos a partir de cretáceo hasta los almacenamientos recientes (CVSP, 2019)..

La evaluación geológica regional de la zona de estudio fue documentada estudios geológicos desarrollados por el INGEMMET. Boletines N° 42 y 58 de la serie A, modificándose solo con apreciaciones realizadas en campo para constituir los diferentes boletines con carácter netamente informativo para el área de estudio (CVSP, 2019)..

### **3.1.6 Geología local**

A lo largo de la carretera del Proyecto del Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicios del Corredor Vial: Pro-Región Puno paquete 03. en general las estructuras de la geología local estarán emplazadas desde el Paleozoico hasta los depósitos cuaternarios, en algunos casos existen variaciones locales (CVSP, 2019).

En el área regionalmente donde se desarrolla la zona de estudio, se puede distinguir unidades geomorfológicas en los cuadrángulos de Azángaro, Ocuwiri, Lagunillas y Juliaca, características propias de topografía, estructura geológica y litología (CVSP, 2019).



Los rasgos geomorfológicos presentes en el área de estudio son el resultado de un activo de los procesos endógenos, tectónicos, erosivos y geodinámicos que se han desarrollado durante el cretáceo a terciario. El tectonismo andino, es el responsable del modelamiento de la superficie actual, en edades geológicas han deformado las rocas marinas sedimentarias y volcánicas del Paleozoico, inicialmente levantándolas y comprimiéndolas; y posteriormente se produjo un periodo de volcánico representado por rocas del Ordoviciano que se encuentran en el sector este del área de estudio, seguidamente se originaron fuertes erosiones fluvio-glaciario a fines del Neógeno y fluvial, los que duraron hasta la actualidad (CVSP, 2019).

Estos procesos desarrollaron unidades geomorfológicas muy características, en la parte más alta la Superficie Puna gradando, conforme desciende en altura, siendo estas unidades las que domina la topografía a lo largo del Corredor Vial (CVSP, 2019).

### **3.1.7 Topografía**

La topografía es llana con ondulaciones poca accidentadas y taludes bajos, pendientes moderadamente bajas con un promedio de 2.5 a 6%.

Para la topografía se usó la siguiente información:

Los trabajos de topografía se empezaron con la georreferenciación lo cual explico en las siguientes líneas abajo.

- Hitos para puntos de control geodésico ubicados a 5 km del eje mediante GPS diferencial, tomados de hitos geodésicos de la Red Geodésica Nacional establecida por el IGN.
- • Enlace desde la red de control geodésico definida en el área del proyecto al sistema de coordenadas UTM (sistema WGS-84) en el sur del Área 19L.
- Monumentación de los puntos intermedio-ubicados a distancias no mayores a los 500 m. son calculados mediante ángulo-distancia y sus respectivas correcciones de



ángulos y distancias, todos los puntos también servirán para control altimétrico, los mismos serán realizados con nivelación geométrica.

- Transformación de coordenadas UTM a coordenadas topográficas teniendo como punto inicial el punto geodésico PB-01.
- El Control vertical, referido desde el primer punto geodésico PB-01 con altura geoidal de datum EGM-2008, a partir del cual se ejecutará una nivelación geométrica de enlace a las monumentaciones anteriormente utilizadas para el control horizontal.
- Se realizarán los levantamientos topográficos necesarios en un sistema de coordenadas topográficas para desarrollar planos de planta, evaluar puentes, diseñar muros, obras de arte, áreas afectadas, etc.

Como punto de partida para control geodésico se ha considerado, El punto "HAN1" de orden C, colocado por el Instituto Geográfico Nacional IGN, el cual se encuentra ubicado en el centro poblado de Hanajquia de la provincia de Azángaro, al lado derecho de la carretera Azángaro - Sandia, al costado del puesto de salud del centro poblado de Hanajquia.

Este punto está considerado en el estudio de perfil, se ha tomado como punto de partida ya que este punto de control es de orden "C", por ser el punto más cercano a la vía de estudio.

El inicio de la progresiva de la ruta 9, se ha considerado el mismo que ha considerado el perfil del estudio.

El sistema cartográfico UTM se basa en la proyección analítica de la figura matemática de la Tierra, el elipsoide, sobre el manto de un cilindro secante. De esta forma se producen deformaciones de escala en las distancias (denominado factor de escala FE). El factor de escala FE, es función de las coordenadas UTM del punto, es decir de la





posición respecto del meridiano central. Se debe considerar, además, el efecto de deformación en las distancias producto de la altura del terreno sobre el elipsoide, factor de deformación denotado por FT. De esta manera, la compatibilización, entre distancias horizontales y UTM, es afectada por esos dos factores, que combinados resulta en un factor denotado como factor de escala Combinado FC. En suma, este factor FC, permite expresar o relacionar una magnitud lineal horizontal con su proyectada UTM, este factor es dado por:

$$FC = FT / FE \quad \text{con: } D_p = FC * D_{hz}$$

Dónde:  $D_p$ : Distancia UTM

$D_{hz}$ : Distancia horizontal

Para convertir coordenadas UTM a coordenadas topográficas, se deben seguir los siguientes pasos: Comience por establecer una línea base usando dos puntos predeterminados, A y B, cada uno con sus propias coordenadas UTM. Designe un extremo de la línea base como punto de partida o pivote, que tendrá sus correspondientes coordenadas locales. A partir de este punto A conocido, calcule las distancias y orientaciones que se convertirán para todos los demás puntos, incluida la línea de referencia o el punto de orientación B.

De acuerdo con el TDR los trabajos de topografía se deben realizar en coordenadas topográficas o planas, por lo explicado se ha realizado la transformación de coordenadas UTM a topográficas a partir del primer punto de control PB-01.

Los detalles de los cálculos de transformación de coordenadas UTM a topográficas está incluido dentro de los anexos de topografía.

El tramo comienza en la progresiva 4+086, a una altura aproximada 3849 msnm con una distancia de 23.11 km.

La ruta discurre en dirección suroeste, con dirección a la ciudad de Juliaca, por la



margen izquierda del Rio Azángaro, hasta llegar al km 27+000.

El camino se desarrolla con desvíos extendidos y curvas horizontales expansivas que van desde los 30 metros hasta los asombrosos 17,000 metros de radio. En este tramo en particular, el terreno se mantiene llano, clasificado como Orografía Tipo 1.

Se reconoce que la superficie de la carretera está en mal estado, con un ancho promedio de 6,63 m. Al carecer de un borde elevado, el camino presenta suaves pendientes que no superan el 5,84%. Los cambios de elevación a lo largo de las secciones rectas son muy irregulares, y los ángulos en las curvas horizontales oscilan entre el 6 y el 8%. El sistema de drenaje para el agua que fluye a lo largo de la carretera es muy deficiente, particularmente en forma de zanjas rellenas de tierra. Algunas alcantarillas se colocan a lo ancho del camino para facilitar el drenaje.

La sección ha identificado la presencia de hitos kilométricos específicos realizados en material sólido, así como diversos tipos de señales horizontales que sirven para informar, prevenir y regular.

La siguiente tabla proporciona un resumen de las estaciones de control geodésico establecidas a lo largo de la ruta 9 PE-34R, presentadas tanto en coordenadas Geodésicas como UTM (Zona 19L). Estas coordenadas se basan en el datum del Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS-84).

**Tabla 4.** Coordenadas geográficas y UTM WGS84 zona 19L

N°	PUNTO	Coordenadas Geográficas WSG 84							Coordenadas UTM		
		Latitud			Longitud		Elevación Elipsoidal	Norte	Este	Cota (EGM-2008)	
1	HAN-1	14°	53'	07.50915"	70°	06'	08.28277"	3921.342	8354054.051	381425.174	3872.517
2	PB-01	14°	55'	59.4740"	70°	11'	49.8958"	3899.358	8348717.098	371244.725	3851.345
3	AZ-01	14°	55'	45.7404"	70°	11'	50.5961"	3899.670	8349139.007	371221.529	3851.039
4	PB-02	14°	55'	37.6801"	70°	10'	45.8138"	3901.581	8349397.035	373155.819	3853.166
5	AZ-02	14°	55'	49.2811"	70°	10'	54.1635"	3893.246	8349039.225	372908.232	3844.848
6	PB-03	14°	57'	48.9357"	70°	10'	5.4923"	3896.331	8345370.057	374381.783	3847.932
7	AZ-03	14°	57'	59.1313"	70°	10'	2.3298"	3896.325	8345057.253	374477.907	3847.927
8	PB-04	15°	00'	28.62899"	70°	09'	8.05943"	3887.814	8340471.840	376123.031	3839.437
9	AZ-04	15°	00'	40.73860"	70°	09'	06.17981"	3888.100	8340100.017	376181.108	3839.728
10	PB-05	15°	03'	03.82255"	70°	09'	00.29217"	3886.550	8335704.115	376379.845	3838.275
11	AZ-05	15°	03'	16.08458"	70°	08'	58.22860"	3888.138	8335327.637	376443.429	3839.872
12	PB-06	15°	05'	36.10251"	70°	09'	38.02763"	3891.153	8331018.782	375277.663	3846.158
13	AZ-06	15°	05'	47.67332"	70°	09'	37.78634"	3894.262	8330663.258	375286.743	3843.061
14	PB-07	15°	07'	22.50298"	70°	08'	39.58106"	4068.622	8327758.334	377039.634	4020.575
15	AZ-07	15°	07'	23.86577"	70°	08'	32.13090"	4038.679	8327717.615	377262.248	3990.627
16	PB-08	15°	08'	36.37740"	70°	06'	50.09274"	3868.416	8325505.063	380319.504	3820.353
17	AZ-08	15°	08'	38.73030"	70°	06'	55.07556"	3870.281	8325432.005	380171.144	3822.224
18	PB-09	15°	10'	56.35453"	70°	06'	46.62383"	3882.508	8321204.241	380444.901	3834.595
19	AZ-09	15°	11'	06.02070"	70°	06'	42.07041"	3885.832	8320907.900	380582.297	3837.928
20	PB-10	15°	13'	32.26603 "	70°	5'	58.48388 "	3876.518	8316420.514	381905.637	3828.795
21	AZ-10	15°	13'	46.56206 "	70°	5'	55.59258 "	3876.882	8315981.646	381994.116	3829.181
22	PB-11	15°	16'	8.93627 "	70°	5'	12.40195 "	3885.032	8311613.097	383304.572	3837.564
23	AZ-11	15°	16'	19.45565 "	70°	5'	9.67877 "	3886.433	8311290.253	383387.419	3838.984
24	PB-12	15°	18'	43.16030 "	70°	4'	26.61694 "	3879.331	8306880.742	384693.775	3832.144
25	AZ-12	15°	18'	53.50713 "	70°	4'	25.74413 "	3879.590	8306562.923	384721.379	3832.422
26	PB-13	15°	21'	2.10129 "	70°	4'	47.20845 "	3873.128	8302608.164	384100.930	3826.189
27	AZ-13	15°	21'	12.76272 "	70°	4'	51.12449 "	3873.935	8302279.965	383985.796	3827.015
28	PB-14	15°	23'	36.59708 "	70°	5'	31.02814 "	3872.427	8297854.061	382818.276	3825.752
29	AZ-14	15°	23'	47.01675 "	70°	5'	32.93744 "	3872.374	8297533.583	382762.975	3825.716
30	PB-15	15°	27'	6.36937 "	70°	6'	1.04614 "	3869.291	8291403.317	381956.286	3822.922
31	AZ-15	15°	27'	19.61458 "	70°	6'	1.88300 "	3870.215	8290996.169	381933.427	3823.863

Es necesario indicar que los puntos de control geodésicos se han realizado cada 5 km aproximadamente a lo largo de la vía en estudio y cada 5 km los puntos es en pares para ser considerados como línea base posteriormente.

### 3.2 PERIODO Y DURACIÓN DE ESTUDIO

La duración del estudio estuvo conformada aproximadamente 5 meses, siendo el



primer mes el estudio de factibilidad de la investigación guía recojo de datos pre mediante la técnica de la observación y el armado de los expedientes técnicos por parte de la empresa que ejecuta la aplicación de la técnica OTTA SEAL.

La segunda etapa comprende la aplicación de la técnica OTTA SEAL dónde Comprende una duración de estudio de 3 meses según el proceso de aplicación en todo el tramo de Azángaro – Arapa y la tercera etapa se realizó la recolección de datos post prueba para medir los índices de rugosidad y las evaluaciones de transitabilidad en dicho tramo.

### **3.3 MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS**

#### **3.3.1 Equipos y materiales utilizados en campo**

Los equipos y materiales utilizados en el estuvieron conformados por una Cámara fotográfica, un cuaderno de campo y una guía de información como instrumentos de recolección de datos. Asimismo, se tuvo como elemento secundario una camioneta para el transporte en el proceso del desarrollo de la aplicación de la técnica OTTA SEAL.

#### **3.3.2 Equipos y materiales utilizados en Gabinete**

Los equipos y materiales utilizados en el gabinete generalmente fueron programas estadísticos y softwares para la ejecución del proyecto, donde se requirió principalmente el programa de Microsoft Office 365 para la redacción de la tesis, Asimismo, para el proceso de tabulación de datos se utilizó el Microsoft Excel 365 y el procesamiento de los datos estadísticos y análisis se utilizó el programa Minitab 18 y el complemento XLSTAT.

### **3.4 POBLACIÓN DE ESTUDIO**

La población está conformada por la carretera Arapa – Azángaro que consta de 30 kilómetros desde el Km 04+086 al Km 34+500 como referencia se toma desde la entrada



del Pueblo de Azángaro y finaliza en Ayaviri Tiene una altura promedio de 3850 m.s.n.m. Siendo la población pequeña se toma como muestra a todo el tramo.

### **3.5 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.5.1 Método de investigación**

En una investigación es importante ubicar desde que metodología se desea realizar el estudio, teniendo en cuenta que es existe diferencias de los tipos y niveles de investigación que existe los cuales deben estar enmarcados con el objetivo que se desea lograr con la investigación (Charaja, 2011), es por lo cual el método de la presente investigación es hipotético deductivo, al respecto Behar (2008) señala que “el método hipotético deductivo, plantea una hipótesis y lo deduce hasta el final como verdadera lo cual se refuta o se acepta de acuerdo a la teoría de falsación mediante las técnicas de pruebas de hipótesis”

#### **3.5.2 Diseño de la investigación**

La investigación se clasifica en un diseño experimental pura; este tipo de diseño “se caracteriza porque pretende dar solución o alternativas de solución mediante propuestas frente a un hecho o fenómeno en estudio” (Carrasco, 2005).

Por otro lado, Hernández, Fernández y Baptista (2014) fundamentan que “la categoría de experimento tiene al menos dos acepciones, de manera general que implica ejecutar una acción y luego observar los efectos” (p. 129).

#### **3.5.3 Enfoque de investigación**

La presente investigación es cuantitativa, porque se centra en la recopilación de datos para realizar pruebas de laboratorio destinados a un análisis y diseño de la estructura de la base granularlo cual ayudará a la verificación de la hipótesis.

Se busca obtener la información y los conocimientos de los especialistas de suelos y



pavimentos de la infraestructura vial.

### **3.6 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

La técnica empleada fue la observación directa estructurada cuyo instrumento ser las guías de observación y los cuadernos de campo en los cuales se llevarán los datos recolectados y posteriormente procesados.

El procedimiento de la metodología se ejecutó de acuerdo con los objetivos específicos planteados en la presente investigación siendo las siguientes:

#### **3.6.1 Evaluación de la situación actual de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500**

Para este objetivo se realizó una evaluación de la situación de las condiciones que se encuentra la ruta 34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Arapa – Azángaro, como son la presencia de bacheos y el nivel de erosión que tienen, De igual forma el estado de los drenajes y alcantarillas los cuales se presentarán en los resultados en evidencias fotográficas y tablas de distribución frecuencial.

#### **3.6.2 Diagnóstico del diseño y el proceso de construcción de la técnica OTTA SEAL**

Para diagnosticar el diseño y el proceso de la construcción de la técnica OTTA SEAL se realizó un procedimiento analítico del diseño de la superficie según los tratamientos a realizarse, en lo cual basado en las teorías de la técnica se planteó el procedimiento de construcción, presentando en los resultados como un diagrama del proceso constructivo y los diseños de la ruta.

#### **3.6.3 Análisis comparativo de la transitabilidad de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, antes y después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL**

- **Obtención del IRI**



La evaluación de la rugosidad de la carretera se realizó en todo el corredor vial utilizando unidades IRI. Para medir el IRI se utilizó un rugosímetro clase III. La medición de IRI se realizó utilizando el Roughness Meter III, que se encuentra dentro de la categoría de clase III. Este medidor permite la evaluación de la regularidad de la superficie de la carretera en función de la dinámica de suspensión y amortiguación de un vehículo estándar, que viaja a velocidades que oscilan entre 40 y 60 km/h.

El ensamblaje consta de una secuencia de elementos sencillos:

El dispositivo que se utiliza para controlar o manipular algo manualmente se denomina controlador manual.

La antena GPS es un componente esencial para los sistemas de posicionamiento global. Es responsable de recibir las señales satelitales necesarias para determinar la ubicación precisa y los datos de navegación.

Un dispositivo utilizado para determinar la longitud entre dos puntos, comúnmente conocido como instrumento de medición de distancia.

El dispositivo conocido como sensor de rugosidad, en concreto un acelerómetro, está diseñado para medir y detectar variaciones en la textura de la superficie. Su función principal es cuantificar el nivel de rugosidad presente en una superficie determinada, proporcionando datos valiosos para diversas industrias y aplicaciones. Al utilizar sus componentes internos sensibles, el sensor de rugosidad puede evaluar con precisión el grado de irregularidad o aspereza, lo que permite un análisis y una evaluación precisos. Esta información es crucial para el control de calidad, el desarrollo de productos y para garantizar un rendimiento óptimo en campos como la fabricación, la ingeniería y la investigación.

Existe un software específico que está diseñado para manejar y analizar los datos que se recopilan durante el trabajo de campo.



**Figura 8.** Rugosímetro III Componentes adquiridor de datos, mostrando como se conectan entre sí

Se utilizó un vehículo de levantamiento, cuyo funcionamiento se realizó en conjunto con un sistema de posicionamiento kilométrico de última generación, que permite a la persona que lo utiliza definir intervalos de muestreo y ubicar espacialmente cualquier tipo de evento o singularidad detectado durante el levantamiento. Campañas de campo. La siguiente figura ilustra el aparato utilizado para realizar dicho posicionamiento a nivel de kilómetros.





**Figura 9.** Instalación del rugosímetro en el vehículo

El operador del equipo señala singularidades o eventos significativos que el controlador considera en el proceso de evaluación, tales como: badenes (jorobas), baches, losas de concreto, badenes, alcantarillas, etc.

El software de procesamiento es amigable y versátil, y puede presentar resultados en varios formatos de salida, como gráficos y listas (como Excel o MS Word), y los usuarios pueden usar y procesar los datos según sea necesario.

- **Estudio de tráfico (transitabilidad)**

El conteo de vehículos se realizó de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Manual de Estudio de Tránsito, el cual se rige por la Dirección General de Presupuesto y Planificación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (OPP-MTC).

El método empleado en este caso fue el Método Manual. En este método, cada clasificador documentó meticulosamente la cantidad de vehículos que pasaban por el área dentro de un período de tiempo específico, generalmente una hora. Luego, estos datos se registraron en un formato designado creado específicamente para este propósito.

Para manejar el alto volumen de tráfico, en cada sitio, se empleó un mínimo de un clasificador para cada dirección de tráfico. Las tareas de conteo se realizaron sin interrupción durante las 24 horas del día, comenzando desde el principio hasta el final del período designado de siete días en cada ubicación.



Cada sitio seleccionado proporcionó suficiente visibilidad y cumplió con los requisitos logísticos necesarios para llevar a cabo esta empresa.

Una vez recopilada la información, se enviaba a la sede del contratista para su procesamiento.

Para realizar el conteo vehicular se observaron los parámetros establecidos en el Manual para el Estudio del Tránsito, de la Dirección General de Presupuesto y Planificación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. El conteo implicó clasificar los vehículos en función de su tamaño y número de líneas de rotación (ejes), de acuerdo con la configuración vehicular homologada prevista en el Reglamento Nacional de Vehículos, según lo establece el Decreto Supremo N° 058-2003-MTC.

En el ámbito de los vehículos ligeros, existe una diversa gama de opciones para elegir. Estas opciones incluyen automóviles, camionetas, camionetas rurales (también conocidas como combis), camionetas pick-up, SUV con capacidad 4x4 y microbuses.

- Hay tres tipos de autobuses: B2, B3 y B4. Estos buses se pueden clasificar en función de su número de ejes.
- Un camión equipado con dos ejes simples se denomina comúnmente C2.
- El C3 es un camión equipado con tres ejes, compuesto por un eje simple y un eje doble.
- El C4 es un camión que está equipado con cuatro ejes, que consta de un eje simple y un eje triple.
- El T2S1 (2S1) es un semirremolque equipado con tres ejes simples.
- La abreviatura T2S2 (2S2) se refiere a un tipo específico de configuración de semirremolque. Esta configuración consta de tres ejes, dos de los cuales son ejes simples y uno es un eje doble.
- El T2S3 (2S3) es un tipo de semirremolque que está equipado con tres ejes, que



consta de dos ejes simples y un eje triple.

- El tipo específico de semirremolque en cuestión se conoce como semirremolque T3S2 (3S2). Este semirremolque en particular está equipado con tres ejes, que consisten en un eje simple y dos ejes dobles.
- El T3S3 (3S3) es un semirremolque que consta de tres ejes. En concreto, está compuesto por un eje simple, un eje doble y un eje triple.
- El C3R2 (3T2) es un tipo de remolque que consta de un camión C2 y un vagón con dos ejes básicos.
- El C3R3 (3T3) es un remolque formado por un camión C2 y un vagón de dos ejes, con un eje simple y un eje doble.
- El C4R2 (4T2), también conocido como Trailer, es una combinación del camión C4 y un vagón equipado con dos ejes simples.
- E7 se refiere a una categoría específica de vehículos especiales que poseen siete ejes, que pueden ser biarticulados o compuestos por una configuración de semirremolque doble.

El trabajo de gabinete ha comenzado después de la finalización del trabajo de campo.

Somos conscientes de que los volúmenes de tráfico fluctúan a lo largo del año debido a diversos factores, como las cosechas estacionales, las celebraciones, los cambios de clima, el transporte de mercancías y la extracción de productos específicos.

En los casos en que existe un patrón estadístico reconocible en las variaciones, es una práctica común emplear factores de correlación para conectar diferentes períodos de tiempo. Al considerar los datos recopilados de las observaciones de tráfico realizadas para este estudio en particular, es posible calcular el tráfico semanal promedio diario utilizando la siguiente fórmula:



$$TPDS = \frac{V_{lunes} + V_{martes} + V_{miercoles} + V_{jueves} + V_{viernes} + V_{sabado} + V_{domingo}}{7}$$

Para poder realizar el análisis comparativo de la variable transitabilidad se emplearán los métodos estadísticos basado en los indicadores de la variable, los cuales estuvieron basados en la prueba del T Student lo cual es una medida que consiste en medir los promedios del antes y después de un tratamiento, cuyos resultados se presentó en tablas de análisis comparativo o frecuencia compuesta analizados con evidencias fotográficas.

La fórmula del T de student para el tratamiento estadístico comprende de la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\mathcal{X} - \mu}{\left(\frac{\delta}{\sqrt{n}}\right)}$$

- $\mu$ : Media de población
- $\mathcal{X}$ : Media de distribución de datos
- $n$ : Tamaño de la muestra
- $\delta$ : Error estándar de la muestra



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 RESULTADOS

##### 4.1.1 Situación actual de la carretera (topografía)

###### **Tramo: Km 04+086 (salida Azángaro) – Km 27+000**

El tramo se inicia en la progresiva 4+086, a una altura aproximada 3849 m.s.n.m., con una longitud de 23 kilómetros.

El trazo discurre en dirección suroeste, con dirección a la ciudad de Juliaca, por el margen izquierdo del Río Azángaro, hasta llegar al km 27+000.

El trazo se desarrolla con tangentes largas y curvas horizontales amplias con radios que van desde los 30 m. hasta los 17000 m., la topografía en el tramo es planta (Orografía Tipo 1).

El estado horizontal de la superficie de rodadura es malo, con una anchura media de 6,63 m. No existen bermas, el recorrido presenta una pendiente moderada no superior al 5,84%, el peralte del tramo es muy irregular, el peralte de la curva horizontal oscila entre el 6% y el 8%, y el drenaje longitudinal es muy escaso, especialmente en la zanja de tierra, Ubicada en unas alcantarillas laterales.

En el tramo se han identificado hitos kilométricos de concreto y la señalización horizontal (preventivas, informativas y reglamentarias).

Al respecto, Valero y Magalón (2018) menciona que es “importante y requerido realizar el desarrollo de un diseño de carreteras donde se realice una calzada ampliada, con diseños de curvas verticales y horizontales y el trazado nuevo” es por lo cual se presenta el análisis de la situación actual en tramos.

###### **Tramo: Km 27+000 – Km 34+500 (Arapa)**

El tramo se inicia en la progresiva 27+000, con una altura aproximada de 3842



m.s.n.m. con una longitud de 7.50 kilómetros.

El trazo discurre en dirección suroeste, con dirección a la ciudad de Juliaca, por la margen izquierda del Rio Azángaro, en el km 34+500 se pasa por el Centro Poblado de Arapa.

La línea se caracteriza por el uso extensivo de tangentes largas y amplias curvas horizontales, que varían en radio desde 12,5 m. hasta los 2600 m. El terreno de esta sección en particular está marcado por sus colinas y valles ondulados, clasificados como Orografía Tipo 2.

El terreno llano se mantiene constantemente en buen estado de conservación, con una anchura media de 6,45 m sin bordes elevados. La pista presenta pendientes pronunciadas, pero no superan el 10,16%. La elevación de la superficie tangente varía irregularmente, mientras que las curvas horizontales tienen peraltes que van del 6% al 8%. El drenaje se logra principalmente a través de zanjas de tierra, y en las zonas urbanas se utilizan zanjas de hormigón. Además, algunas alcantarillas están posicionadas para fines de drenaje transversal.

Dentro de este apartado se han identificado balizas específicas kilométricas y horizontales (tanto preventivas como informativas y reglamentarias).

**Tabla 5.** Resumen de anchos de la vía KM 4+086 hasta KM 34+500

Km inicial	Km final	Longitud (m)	Ancho Transit. (m)
4+086	5+000	914.00	6.50
5+000	6+000	1,000.00	6.90
6+000	6+980	980.00	6.60
6+980	7+000	20.00	6.60
7+000	7+460	460.00	6.60
7+460	8+000	540.00	6.60
8+000	8+560	560.00	6.60
8+560	9+000	440.00	6.40
9+000	10+000	1,000.00	6.30
10+000	11+000	1,000.00	6.30
11+000	12+000	1,000.00	6.30
12+000	13+000	1,000.00	6.70
13+000	14+000	1,000.00	6.70



Km inicial	Km final	Longitud (m)	Ancho Transit. (m)
14+000	15+000	1,000.00	6.22
15+000	16+000	1,000.00	6.20
16+000	17+000	1,000.00	6.20
17+000	18+000	1,000.00	6.35
18+000	19+000	1,000.00	6.70
19+000	20+000	1,000.00	6.55
20+000	20+240	240.00	6.16
20+240	21+000	760.00	5.69
21+000	22+000	1,000.00	5.58
22+000	23+000	1,000.00	5.52
23+000	24+000	1,000.00	5.82
24+000	25+000	1,000.00	5.60
25+000	26+000	1,000.00	5.84
26+000	27+000	1,000.00	5.64
27+000	28+000	1,000.00	6.30
28+000	29+000	1,000.00	7.99
29+000	30+000	1,000.00	6.40
30+000	31+000	1,000.00	6.34
31+000	32+000	1,000.00	5.80
32+000	33+000	1,000.00	5.80
33+000	34+000	1,000.00	6.22
34+000	34+500	500.00	6.61

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 6.** Topografía de la carretera en estudio

Inicio (km)	Fin (km)	Topografía	Orografía	Inclinación Transversal
4+086	27+000	Plano	Tipo 1	Terreno: varía entre 0% y 10%
27+000	34+500	Ondulada	Tipo 2	Terreno Montañoso: varía entre 11% y 50%

**Fuente:** elaboración propia

#### 4.1.1.1 Daños en la superficie de rodadura

El tramo de estudio presenta una superficie de rodadura erosionada en regular estado, con baches, encalaminados y ahuellamiento.

**Tabla 7.** Estudio de daños en la carretera.

Progresiva		Daños en el Pavimento		Observaciones /
Del km	Al km	Tipo	dimensiones	Comentarios
4+086	27+000	1,2 y 3	De 1 a 3	Se aprecia deformación, erosión, encalaminado y baches en la superficie de rodadura
27+000	34+500	1,2 y 3	De 1 a 3	
		Deformación	Baches	
	Tipo de daño:	Erosión	Encalaminado	

**Fuente:** elaboración propia

#### 4.1.1.2 Drenaje

Se logra identificar en las condiciones que se encuentra las cunetas, alcantarillas y etc. Las cuales en su gran mayoría se encuentran obstruidas.

Alcantarillas: Las alcantarillas se encontraban en mal estado, algunos se encontraban colapsadas, desaparecidas o colmatadas y obstruidas. El sistema general de drenaje es deficiente.

Señalización: A lo largo de la vía de estudio se observó que no se encuentra ninguna señalización horizontal y las señalizaciones verticales se encuentran en mal estado, por consiguiente, es de suma necesidad contar con las señalizaciones por las condiciones y topografía que presenta la vía.

#### 4.1.1.3 Tratamiento superficial con carpeta de rodado asfáltica OTTA SEAL

Sectorización: Se obtuvieron muestras mediante la excavación de calicatas de exploración en plataforma distanciados en un promedio de 2 km, siendo la toma de muestras más directa de la plataforma. Debido a la estratificación que se observa en las calicatas, se ha considerado utilizar el criterio de CBR equivalente. Para determinar la CBR de diseño se utilizó el método sugerido por AASTHO 1993 de determinar la diferencia acumulada de CBR representativa por subtramos (sectorización de secciones según los valores de CBR obtenidos).

**Tabla 8.** Tramos homogéneos

Progresiva		Longitud	CBR de Diseño
De	A		
4+086	8+000	3,914	25.53
8+000	12+000	4,000	21.45
12+000	20+000	8,000	24.07
20+000	27+000	7,000	23.10
27+000	34+500	7,500	16.17

**Fuente:** elaboración propia



Ensayo de los agregados en cantera: Se han realizado los ensayos físicos del material de cantera km 14+120 LD, donde se observa que cumple los parámetros especificados en el Plan de Gestion Vial.

**Tabla 9.** Resumen de estudio de cantera

Cantera km 14+120 LD		
Ensayos	Norma	Resultados
Granulometría (t. máximo 2")	MTC E 204	A-1-a
Limite liquido	MTC E 110	NP
Índice plástico	MTC E 111	NP
Abrasión	MTC E 207	24.4%
Durabilidad sulfato de magnesio (zona mayor a 3,000 msnm) grava	MTC E 209	7.9%
Durabilidad sulfato de magnesio (zona mayor a 3,000 msnm) arena	MTC E 206	6.1%

**Fuente:** elaboración propia

Modulo Resiliente: El módulo de elasticidad es una medida de las propiedades elásticas del suelo, que se utiliza directamente en el diseño de pavimentos flexibles, teniendo en cuenta ciertas propiedades no lineales, y reemplaza los valores de soporte del suelo utilizados en versiones anteriores del método.

Para determinar el módulo de resiliencia, se decide utilizar la fórmula pertinente recomendada por MTC "Soil and Pavement Handbook" y CBR, y obtenerlo de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Mr(\text{psi}) = 2555 \times CBR^{0.64}$$

**Tabla 10.** Módulo resiliente

Progresiva		Longitud	Mr (psi)
De	A		
4+086	8+000	3,914	20,320.6
8+000	12+000	4,000	18,177.8
12+000	20+000	8,000	19,568.8
20+000	27+000	7,000	19,057.7
27+000	34+500	7,500	15,167

Estudio de tráfico: Comprender los patrones y la dinámica del tráfico nos permite obtener información sobre su comportamiento. Este conocimiento es crucial para determinar el número de ejes equivalentes (EE) con un peso de 8,2 toneladas, que es fundamental para el proceso de diseño.

Después de realizar un análisis exhaustivo del estudio de tráfico, se recopilaron datos sobre la cantidad de ejes equivalentes durante un lapso de 10 años. Para determinar la disparidad estructural se empleó la metodología AASTHO 93.

**Tabla 11.** Eals de diseño

Ruta	Tramo	Eals (10años)
PE-34R	Km 4+086 – 34+500	2.28E+05

**Fuente:** elaboración propia

#### 4.1.2 Método de Diseño.

##### 4.1.2.1 Cálculo de parámetros de diseño

Se toma en consideración del MTC – CAPITULO XII.

Siendo el procedimiento adoptado: Guía de Diseño AASHTO 1993

La metodología americana Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). La edición de 1993 tiene en cuenta cuatro facetas principales:

- Al diseñar, es importante considerar varios factores, como el período de análisis, el volumen de tráfico, la confiabilidad, la desviación estándar y el período de diseño.
- Un aspecto importante a considerar al evaluar el desempeño es el nivel de servicio.
- Las características estructurales de los materiales abarcan el módulo resiliente efectivo de la subrasante y el coeficiente estructural de la capa.
- Una de las características definitorias del coeficiente de drenaje de la capa es su característica.

## Resumen de parámetros de diseño

A continuación, se detalla el resumen de parámetros utilizados para el diseño del tramo en estudio.

**Tabla 12.** Resumen de parámetros de diseño

Resumen de parámetros	
Trafico de diseño	2.28 E+05
Confiabilidad (R%)	70%
Coefficiente estadístico de desviación estándar (Zr)	-0.524
Desviación estándar combinada (So)	0.45
Serviciabilidad Inicial (pi)	3.80
Serviciabilidad final (pf)	2.00
^ PSI	1.80
Periodo de diseño (años)	10

### 4.1.2.2 Determinación del número estructural

Para calcular ello, se optó por utilizar la metodología determinada en el manual del AASTHO 93, en diseño de pavimentos que debe satisfacer la estructura del pavimento, el método proporciona la siguiente expresión:

$$\text{Log}_{10}(N_{18}) = Z_r * S_o + 9.36 * \text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2-1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}_{10}(MR) - 8.07$$

Además:

W18 = Numero proyectado de carga equivalente de 18 kip (18000 lb) de aplicación de carga axial simples.

Zr = Desviación estándar normal

So = Error estándar combinado del tráfico proyectado y del comportamiento proyectado

$\Delta$ PSI = Diferencia entre índice de serviciabilidad inicial, por, y el índice de serviciabilidad terminal, pt

MR = Modulo resiliente (psi)

SN = Numero estructural indicativo del espesor total del pavimento requerido

**Tabla 13.** Factores para el cálculo de acuerdo con la metodología AASHTO 93

Tramo	ESAL	tipo de trafico	#	Sector		CBR Diseño % T.H.	AASHTO 93 R (%)	Zr	So	Pi	Pt	Mr	SNr
				DE	A								
I	2.28E+05	TP1	1	04+086	8+000	25.53	70%	-0.524	0.45	3.80	2.00	20,320.6	1.61
	2.28E+05	TP1	2	8+000	12+000	21.45	70%	-0.524	0.45	3.80	2.00	18,177.8	1.68
	2.28E+05	TP1	3	12+000	20+000	24.07	70%	-0.524	0.45	3.80	2.00	19,568.8	1.63
	2.28E+05	TP1	4	20+000	27+000	23.10	70%	-0.524	0.45	3.80	2.00	19,057.7	1.65
II	2.28E+05	TP1	1	27+000	34+500	16.17	70%	-0.524	0.45	3.80	2.00	15,167.1	1.81

**Fuente:** elaboración propia

#### 4.1.2.3 Cálculo del número estructural de diseño – material granular tratada con cemento

La expresión que se relaciona el número estructural de diseño con los espesores de capa es la siguiente:

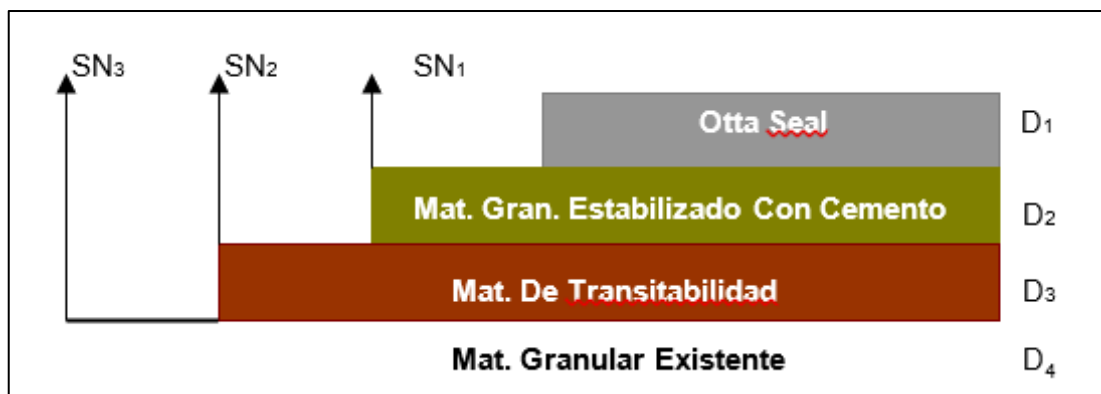
$$SN = a1D1 + a2D2m2 + a3D3m3 + a4D4m4$$

Donde:

A1, a2, a3, a4: Coeficientes estructurales o de capa (Otta Seal, Base estabilizada, transitabilidad y material granular existente).

D1, D2, D3: Espesores de pavimento en (cm)

M2, m3, m4: Coeficientes de drenaje de las capas del pavimento.



**Figura 10.** Diseño estructural del pavimento

**Fuente:** Elaboración propia

Alternativa: Otta Seal + Material Granular estabilizada con cemento + material de Transitabilidad + Mat. Granular Existente.

- A1D1: No contempla aporte estructural el tratamiento Otta Seal.
- A2D2m2: El aporte estructural del material Granular de cantera estabilizada con



cemento con un coeficiente estructural desde 0.053/cm.

- A3D3m3: Aporte estructural del Material de transitabilidad con un coeficiente de 0.047/cm.
- A4D4m4: Aporte estructural del Material de existente es de acuerdo con su CBR (el espesor existente varía entre 0.10 a 0.40 m los espesores de acuerdo con los registros de excavación para el diseño de cada tramo)

La información que se recopila y analiza se utiliza en la ecuación de diseño de AASHTO para derivar el número estructural. Este número significa el espesor total del pavimento que debe construirse y luego debe convertirse en el espesor efectivo de cada capa individual que lo compondrá, empleando coeficientes estructurales.

El material granular actualmente presente ha sido identificado como un factor significativo en el diseño de corredores viales. Se considera necesario incorporar este material en el cálculo del espesor de diseño, ya que contribuye al paquete estructural general. Posteriormente, se determinan los valores adecuados de los coeficientes estructurales para conocer los espesores requeridos.

El aporte estructural del Material existente será de acuerdo con el CBR de cada Tramo, aplicando la fórmula de AASHTO de correlación entre el CBR de un material granular y su coeficiente de aporte estructural.

$$a_n = \frac{0.058 \times (CBR)^{0.19}}{2.54} (1/mm)$$

A continuación, se presenta para el tramo:

Tramo I: Para un CBR 26.9% que es “0.043/cm”

$$a_n = 0.058 \times 26.9^{0.19} / 2.54 (1/cm)$$

Tramo II: Para un CBR 26.0% que es “0.042/cm”



$$a_n = 0.058 \times 26.0^{0.19} / 2.54 \text{ (1/cm)}$$

#### 4.1.2.4 Coeficiente estructural de las capas del pavimento

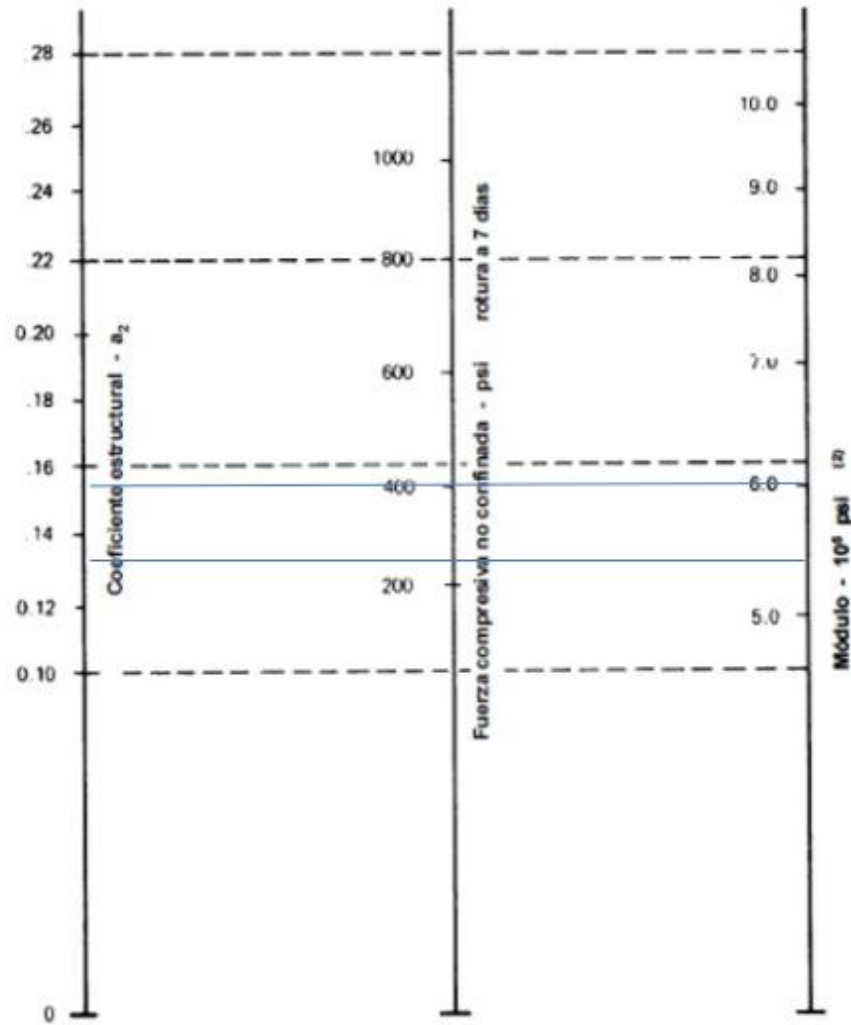
- **Coeficiente estructural del Otta Seal**

El sello Otta consiste concretamente en una superficie asfáltica de 12 mm de espesor, constituida por una mezcla de áridos granulados, es decir, tierra natural (como grava) combinada con una capa habitualmente blanda (con o sin cobertura de arena). Este tipo de superficie contrasta con las superficies tradicionales de agregado triturado de alta viscosidad, como los sellos de arena.

- **Coeficiente estructural de material granular estabilizada con cemento**

La capa base estará conformada por un material granular estabilizada con cemento por lo cual el coeficiente estructural a adoptar corresponde a este tipo de material. Para ello la guía de diseño AASHTO estima el coeficiente estructural está en función de compresión simple. Los valores son los siguientes:

- Tramo I y II: Material granular con cemento con un valor de compresión simple de 1.8 Mpa (18.3 kg/cm<sup>2</sup> o 261 Psi) equivalente a un coeficiente estructural de 0.053 (1/cm).



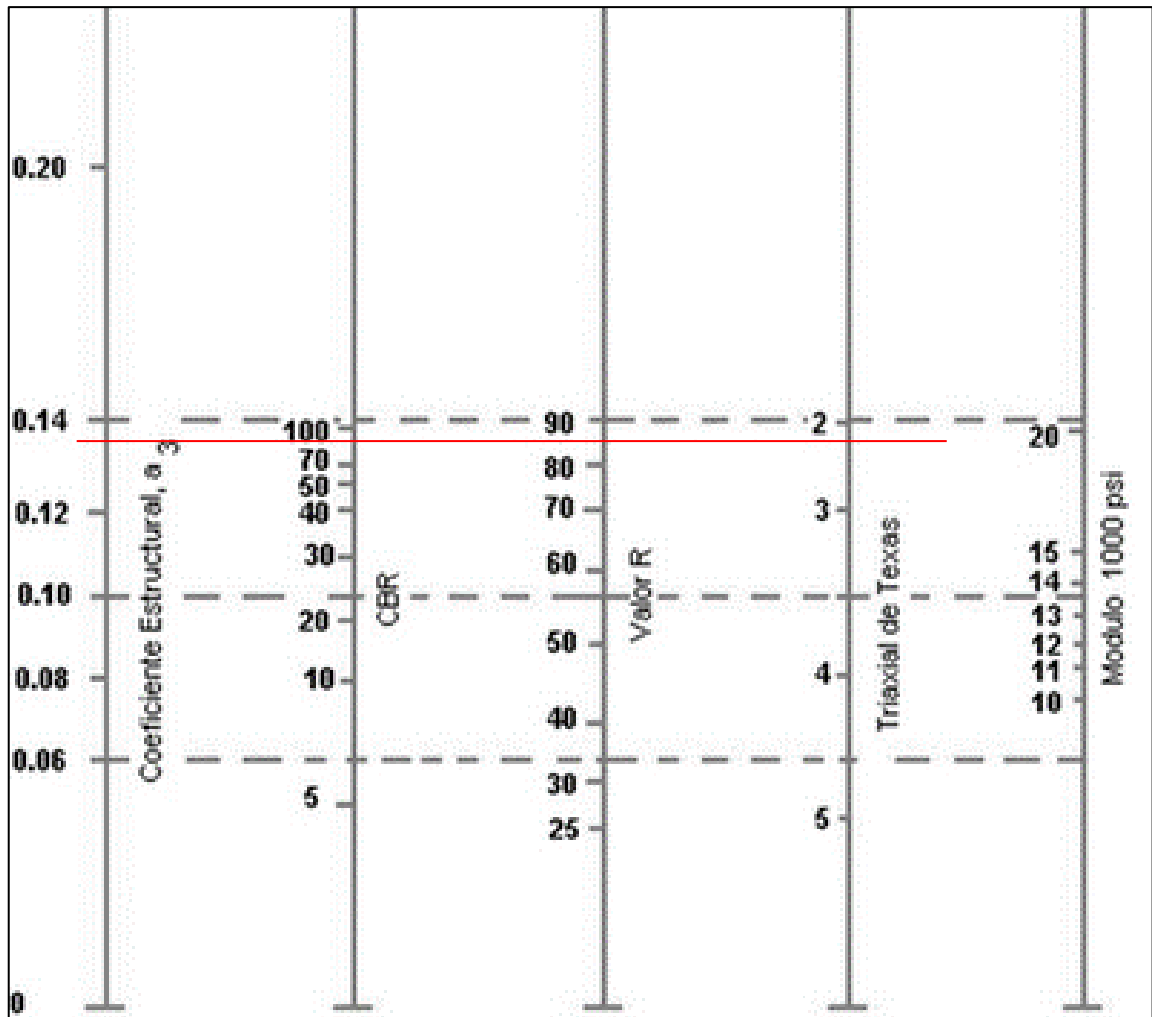
(1) Escala derivada de los porcentajes obtenidos de las correlaciones de Illinois, Louisiana y Texas  
(2) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

**Figura 11.** Coeficientes estructurales de las capas del Pavimento

#### 4.1.2.5 Coeficiente estructural de la capa de transitabilidad

El coeficiente estructural de este material correspondería al que se relacione con el valor del CBR del material de préstamo. En este caso se considera que es recomendable el uso de un CBR del 40% el cual corresponde a una subrasante excelente, los coeficientes estructurales a usar son:

- Capa de transitabilidad: para los tramos, el material granular tendrá un equivalente a un coeficiente estructural de (0.12 “1/plg” o 0.047 “1/cm”)



**Figura 12.** Ábaco para estimar el número estructural de la capa granular (Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993)

#### 4.1.2.6 Coeficiente de drenaje

El drenaje, es fundamental para el buen comportamiento del pavimento, de nada serviría efectuar un adecuado diseño de pavimento, si es que la vía no cuenta con un buen sistema de drenaje y un adecuado mantenimiento de ello en el tiempo. La calidad de drenaje; para el proyecto se considera una calidad de drenaje aceptable.

**Tabla 14.** Valores de calidad de drenaje

Calidad del drenaje	Tiempo en que tarda el agua en ser evaluada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
<b>Mediano</b>	<b>1 semana</b>
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no evacua





Finalmente se indica los parámetros de diseño a utilizar para el cálculo de acuerdo con la metodología AASHTO 93.

**Tabla 15.** Valores recomendados de la calidad de drenaje

Calidad del drenaje	P=% Del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercano a la saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

**Tabla 16.** Diseño Estructural con AASHTO 93' - 10 AÑOS

TRAMO	SECTOR	DE	A	CBR DISEÑO %	SNr	Otta Seal		Suelo - Cemento			Transitabilidad			Afirmado Existente			SNp	Condición
						d1 (cm)	a1 (1/cm)	a3 (1/cm)	m3	d3 (cm)	a4 (1/cm)	m4	d4 (cm)	a5 (1/cm)	m5	d5 (cm)		
						-	-	0.053	1.00	18.00	0.047	1.00	15.00	0.043	1.00	20.00		
1	04+086	08+000		25.53	1.61	-	-	0.053	1.00	18.00	0.047	1.00	15.00	0.043	1.00	20.00	2.52	APROB.
2	08+000	12+000		21.45	1.68	-	-	0.053	1.00	18.00	0.047	1.00	15.00	0.043	1.00	20.00	2.52	APROB.
3	12+000	20+000		24.07	1.63	-	-	0.053	1.00	18.00	0.047	1.00	15.00	0.043	1.00	20.00	2.52	APROB.
4	20+000	27+000		23.10	1.65	-	-	0.053	1.00	18.00	0.047	1.00	15.00	0.043	1.00	20.00	2.52	APROB.

**DISEÑO ESTRUCTURAL CON ASSHTO 93' - 10 AÑOS**

TRAMO	SECTOR	DE	A	CBR DISEÑO %	SNr	Otta Seal		Suelo - Cemento			Transitabilidad			Afirmado Existente			SNp	Condición
						a1 (1/cm)	d1 (cm)	a3 (1/cm)	m3	d3 (cm)	a4 (1/cm)	m4	d4 (cm)	a5 (1/cm)	m5	d5 (cm)		
2	27+000	34+500		16.17	1.81	-	-	0.053	1.00	18.00	0.047	1.00	15.00	0.042	1.00	20.00	2.50	APROB.

#### 4.1.2.7 Solución básica

Espesores de diseño de pavimento con emulsión asfáltica

**Tabla 17.** Solución básica planteada

Tramo	Espesores alternativa de solución		SN requerido	SN diseño	Superficie de rodadura
	Material granular estabilizado c/cemento	Aporte estructural de material granular			
Km 4+086 – 8+000	18 cm	15 cm	1.61	2.52	
Km 8+000 – 12+000	18 cm	15 cm	1.68	2.52	
Km 12+000 – 20+000	18 cm	15 cm	1.63	2.52	Mortero asfáltico (Otta seal)
Km 20+000 – 27+000	18 cm	15 cm	1.65	2.52	
Km 27+000 – 34+500	18 cm	15 cm	1.81	2.50	

**Fuente:** elaboración propia

#### 4.1.2.8 Capa de adherencia entre el suelo estabilizado con superficie de rodadura

La pulverización de asfalto sobre una superficie de cimentación debidamente preparada para aplicar una capa de asfalto o para impermeabilizar y evitar la desintegración de cimientos establecidos.

El tipo de imprimación recomendada en los términos de referencia es emulsión catiónica.

Para la tasa de aplicación y penetración se realizará de acuerdo con un tramo de prueba, ya que no hay especificaciones en la EG-2013, no menciona que aplique en bases estabilizadas (cemento, emulsión, cal y químico), solo aplica para bases granulares.

#### 4.1.2.9 Superficie de rodadura del pavimento

- **Tramo en general**

La carpeta de rodadura consiste en la colocación de superficie de rodadura Otta Seal, e=1.2 cm para lo cual se aplicará un riego de liga asfáltico con cemento asfáltico modificado PEN 120-150, luego se esparcirá el agregado, los tipos de ligantes que se

usarán en la superficie de rodadura serán:

- Cemento asfáltico PEN 120 – 150
- El tipo de emulsión Asfáltica es de rotura lenta tipo CSS-1 hp o CSS-1

#### **4.1.2.10 Especificación técnica para los agregados aglomerados de la mezcla Otta Seal**

- **Grava aglomerada**

En comparación con los tratamientos de superficie, los sellos Otta tienen un requisito de gradación más exigente, lo que permite una mayor utilización de los materiales agregados. Este proceso de aglomeración mejora la calidad de los agregados y maximiza la utilización de las fuentes de grava. Como resultado, hay un desperdicio mínimo o nulo del producto de grava triturada, ya que se usa predominantemente en Otta Seals. No obstante, los importantes gastos asociados con el almacenamiento pueden dificultar la viabilidad de la trituración de grava para proyectos más pequeños.

- **Agregado triturado**

La opción preferida para las superficies de las carreteras, incluidos los sellos Otta, suele ser el agregado triturado. Se recomienda utilizar un volumen del 20 % de árido al construir Otta Seals. En general, se acepta que cualquier material triturado se puede utilizar en la producción de agregados para una superficie de Otta Seal, siempre que cumpla con los requisitos de rendimiento de la capa.

- **Requerimientos del agregado**

La medida en que se clasifica el agregado especificado estará influenciada por factores tales como la cantidad de tráfico o la etapa de construcción. Además, los dos meses posteriores a la operación de sellado juegan un papel crucial en el desarrollo del Sello Otta.



- **Máximo tamaño de partícula**

El tamaño máximo adecuado de las partículas es de ½ in.

- **Contenido de finos**

Un mayor contenido de finos puede crear problemas en la aplicación, ya que el aglutinante tiende a recubrir las partículas más finas antes que las partículas más gruesas y puede resultar en una solución superficial menos duradera con propiedades superficiales más pobres.

#### 4.1.2.11 Gradación de los agregados de la envolvente y resistencia del agregado

Las piedras utilizadas para la preparación de superficies deben cumplir con los requisitos generales de calidad que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 18.** Calidad de los agregados

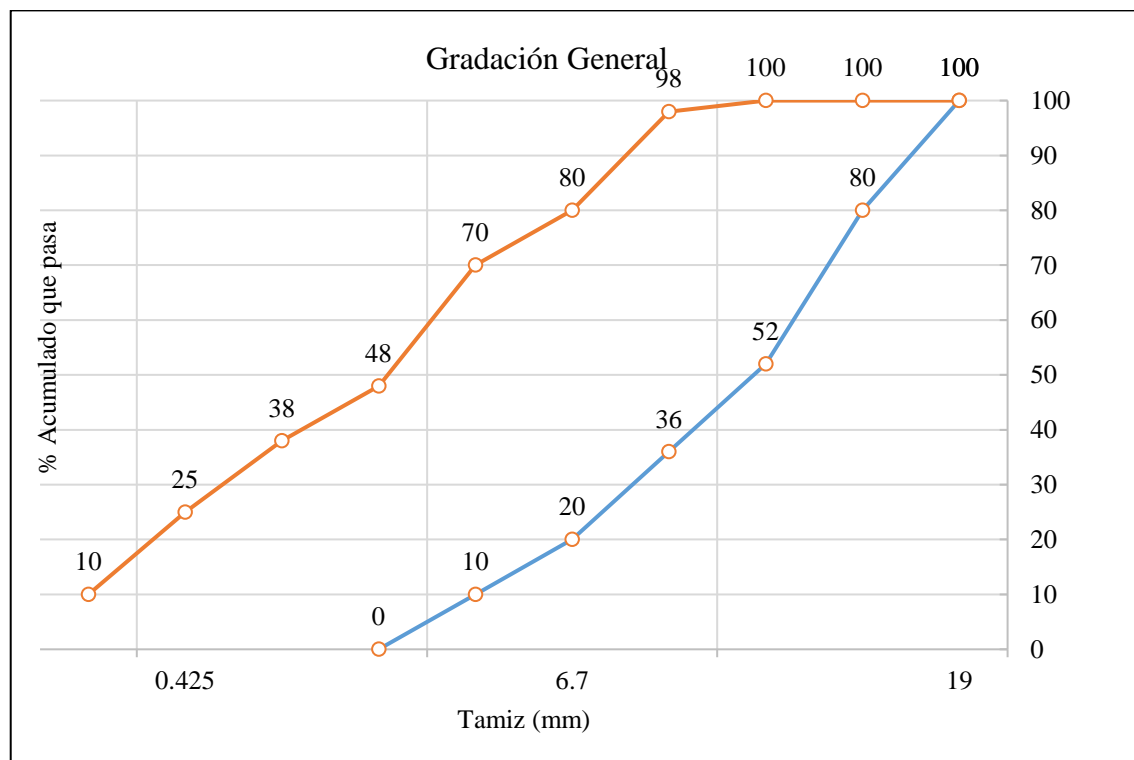
ENSAYO A AGREGADOS	ESPECIFICACIONES	AGREGADO
Partículas fracturadas del agregado grueso con una cara facturada (MTC E 210)	85% min.	Agregado Triturado
Partículas del agregado grueso con dos caras fracturadas (MTC E 210)	60% min.	Agregado Triturado
Partículas chatas y alargadas (ASTM D 4791-NTP 400.4)	15% máx.	Agregado Triturado
Abrasión (MTC E 207)	40% máx.	Agregado
Pérdida en sulfato de magnesio (MTC E 209)	18% máx.	Agregado
Adherencia (ASTM D 1664-AASHTO T 182) +95 Terrones de arcilla y partículas friables (MTC E 212)	3% máx.	Agregado
Sales solubles total (MTC E 219)	0,5% máx.	Agregado

**Fuente:** EG-2013 – Tratamiento Superficial los usos granulométricos de los agregados para el OTTA SEAL

Alternativas de dotación de agregado				
Tamiz tamaño (mm)	Gradación Abierta (% pasa)	Gradación Media (% pasa)	Gradación Densa (% pasa)	AASHTO o BS Designación de la prueba
19.00 - 3/4"	- 100	- 100	- 100	T 146-49
16.00 - 5/8"	80 - 100	84 - 100	93 - 100	BS 1377
13.20 - 0.53"	52 - 82	68 - 94	84 - 100	
9.50 - 3/8"	36 - 58	44 - 73	70 - 98	
6.70 - 1/4"	20 - 40	29 - 54	54 - 80	
4.75 - No. 4	10 - 30	19 - 42	44 - 70	
2.00 - No. 10	0 - 8	3 - 18	20 - 48	
1.18 - No. 16	0 - 5	1 - 14	15 - 38	
0.425 - No. 40	0 - 2	0 - 6	7 - 25	
0.075 - No. 200	0 - 1	0 - 2	3 - 10	

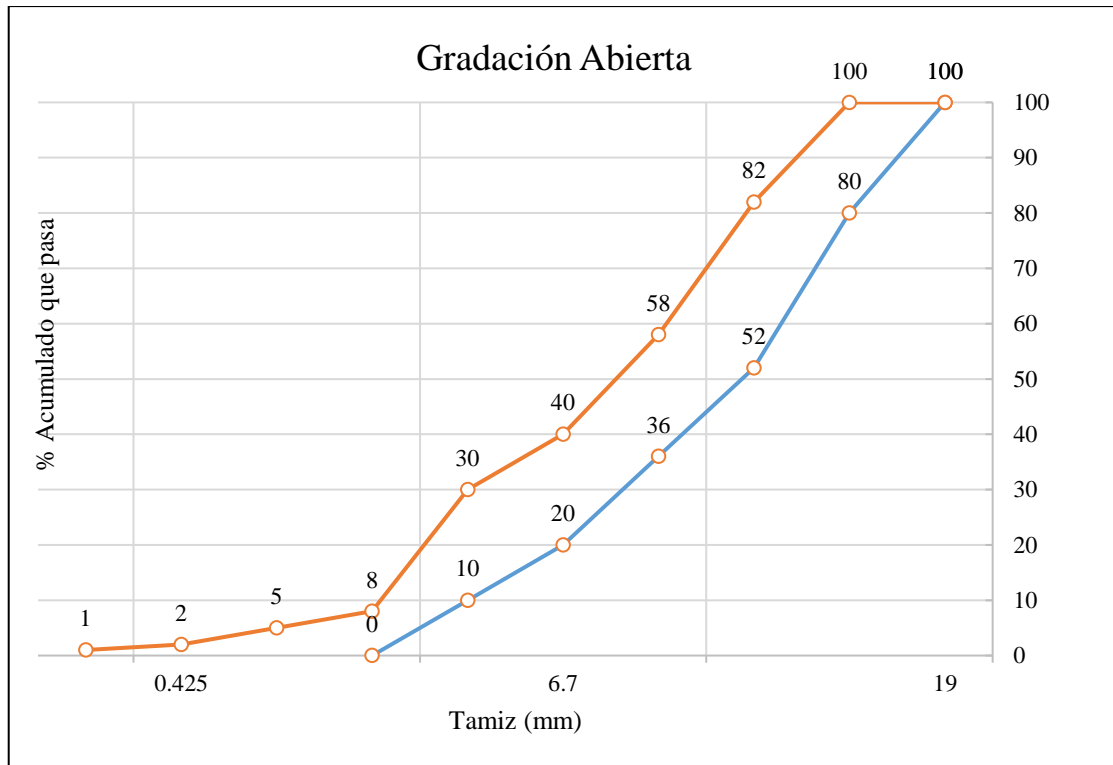
**Figura 13.** Usos Granulométricos según guía noruega

**Fuente:** A GUIDE TO THE USE OF OTTA SEALS de la Road Technology Department (NRRL).



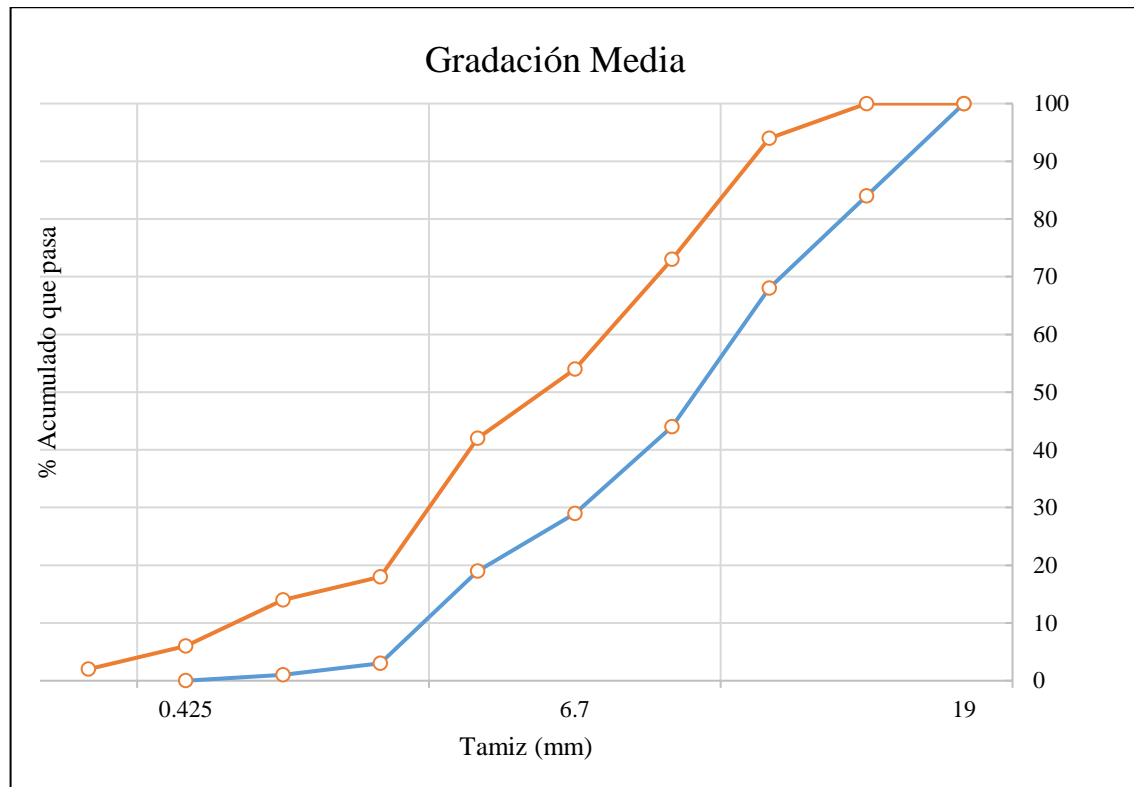
**Figura 14.** Gradación general del Otta Seal

**Fuente:** A GUIDE TO THE USE OF OTTA SEALS de la Road Technology Department (NRRL).



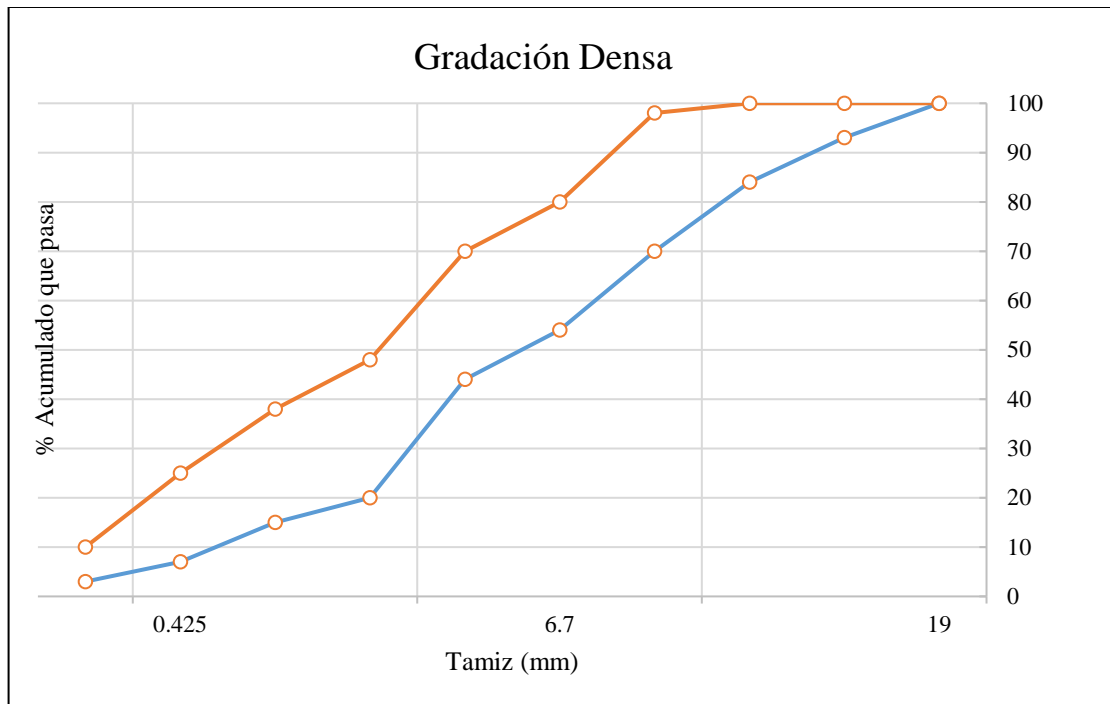
**Figura 15.** Gradación abierta del Otta Seal

**Fuente:** A GUIDE TO THE USE OF OTTA SEALS de la Road Technology Department (NRRL).



**Figura 16.** Gradación media del Otta Seal

**Fuente:** A GUIDE TO THE USE OF OTTA SEALS de la Road Technology Department (NRRL).



**Figura 17.** Gradación Densa del Otta Seal

**Fuente:** A GUIDE TO THE USE OF OTTA SEALS de la Road Technology Department (NRRL).

#### 4.1.2.12 Descripción del diseño

Para el tratamiento superficial OTTA SEAL se tiene un Índice Medio Diario Anual (IMDA) de 352 veh/día, según la guía noruega para uso del OTTA SEAL para un Promedio Anual de Tránsito Diario (AADT).

- **Selección del tipo de Otta Seal**

**Tabla 19.** tipo de Otta Seal recomendado en relación a los niveles de tráfico.

Niveles de tráfico y tipo de trabajo	Tipo de Sello Otta
Sello temporal (desvíos, accesos).	Otta Seal Simple
Re-sellado (todo tipo de tránsito)	Otta Seal Simple
AADT menor de 500	Otta Seal Simple
AADT mayor de 500	Otta Seal Doble

**Fuente:** A GUIDE TO THE USE OF OTTA SEALS de la Road Tecnology Department (NRRL)

Promedio anual de tránsito diario (AADT) es de 352 veh/día = **Otta Seal simple.**



- **Selección del tipo de agregado**

**Tabla 20.** Tipos preferidos de agregados

AADT	Grado Recomendado
Menos de 100 vpd	Abierto
100 – 1000 vpd	Media
Mas de 1000 vpd	Denso

**Fuente:** A GUIDE TO THE USE OF OTTA SEALS de la Road Tecnology Department (NRRL)

De acuerdo con el nivel de tráfico de la vía se determina una gradación Media

- **Elección de la Brea en relación con el tráfico y al grado**

**Tabla 21.** Elección de brea basado en el tráfico y grado

AADT al momento de la construcción	Tipo de Brea		
	Grado “abierto”	Grado “medio”	Grado “denso”
Más de 1000 vpd	No aplica	150/200 grado de penetración	MC 3000 MC 800 en clima frio
100 – 1000 vpd	150/200 grado de penetración	150/200 grado de penetración en clima frio	MC 3000 MC 800 en clima frio
Menos de 100 vpd	150/200 grado de penetración	MC 3000	MC 800

**Fuente:** A GUIDE TO THE USE OF OTTA SEALS de la Road Tecnology Department (NRRL) Se

tiene un 150/200 grado de penetración en clima frio.

- **Rangos de Pulverizado de Brea sin imprimante**

**Tabla 22.** Rango de pulverizado de la brea caliente (l/m<sup>2</sup>)

Tipo de Sello Otta		Grado			
		Abierto	Medio	Denso	
				AADT<100	AADT>100
Doble	1er capa	1,6	1,7	1,8	1,7
	2da capa	1,5	1,6	2,0	1,9
Simple con cubierta de arena	Arena fina	0,7	0,7		0,6
	Polvo de molienda o arena de rio	0,9	0,8		0,7
Simple	1ra capa	1,6	1,7	2,0	1,9
		1,7	1,8	2,0	1,9
Resellado (simple)		1,5	1,6	1,8	1,7

**Fuente:** A GUIDE TO THE USE OF OTTA SEALS de la Road Tecnology Department (NRRL)

Para un Sello Otta Simple de grado medio =  $1.8 \text{ l/m}^2$

- **Rangos de Aplicación de Agregado**

**Tabla 23.** Rangos de aplicación de agregado

Tipo de Sello	Rangos de aplicación del agregado ( $\text{m}^3/\text{m}^2$ )		
	Grado “abierto”	Grado “medio”	Grado “denso”
OTTA SEAL	0,013 – 0,016	0,013 – 0,016	0,016 – 0,020
Sellos de cubierta de arena	0,010 – 0,012		

**Fuente:** A GUIDE TO THE USE OF OTTA SEALS de la Road Tecnology Department (NRRL)

Tomando la gradación media se utilizarán los materiales de las siguientes canteras:

- **Material de cantera Caminaca KM 58 +360 LI – RUTA 09**

Se propone la cantera caminaca ubicada en el kilómetro 58 + 360 LI con acceso a 2 km para la extracción y procesamiento del material para OTTA SEAL, dicho material cumple con las características físicas y químicas especificadas para emplearse en el tratamiento superficial, por lo que fue enviado al laboratorio de la empresa BITUPER Y COPER para ser evaluados y realizar los diseños respectivos, como puede ver en el anexo de la investigación el material presenta un buen comportamiento y afinidad con el material bituminoso, actualmente se ha iniciado el acopio de este material, el cual fue zarandeado para obtener la gradación media según la guía Noruega para el uso del OTTA SEAL (Ver anexo 5)

- **Material de cantera KM 14 + 120 – RUTA 09**

También se utilizó el material de la cantera del kilómetro 14 + 120 LD con acceso a 0.45 km para la extracción y procesamiento del material para OTTA SEAL, dicho material cumple con las características físicas y químicas especificadas para emplearse en el tratamiento superficial, por lo que fue enviado al laboratorio de la empresa BITUPER Y COPER para ser evaluados y realizar los diseños respectivos, como se puede ver en el anexo 6, el material presenta buen comportamiento y afinidad con el material

bituminoso.

#### 4.1.2.13 Diseño realizado para tratamiento OTTA SEAL

A continuación, se presentan los ensayos de materiales y diseños realizados a las canteras indicadas, según los estudios de laboratorio, Cabe señalar que el material enviado para los diseños fue zarandeado previamente en laboratorio del consorcio vial sur Perú, cuyos diseños son los siguientes:

**Tabla 24.** Diseño de tratamiento de BITUPER para OTTA SEAL según canteras

Canteras	Tasa de Emulsión	Tasa de agregados
KM 58 +360 LI – RUTA 09	1.9 lit/m <sup>2</sup>	0.014 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
KM 14 + 120 – RUTA 09	1.9 lit/m <sup>2</sup>	0.013 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>

**Tabla 25.** Diseño de tratamiento de COPER para OTTA SEAL según canteras

Canteras	Tasa de Emulsión	Tasa de agregados
KM 58 +360 LI – RUTA 09	1.6 – 1.8 lit/m <sup>2</sup>	0.014 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
KM 14 + 120 – RUTA 09	1.6 – 1.8 lit/m <sup>2</sup>	0.013 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>

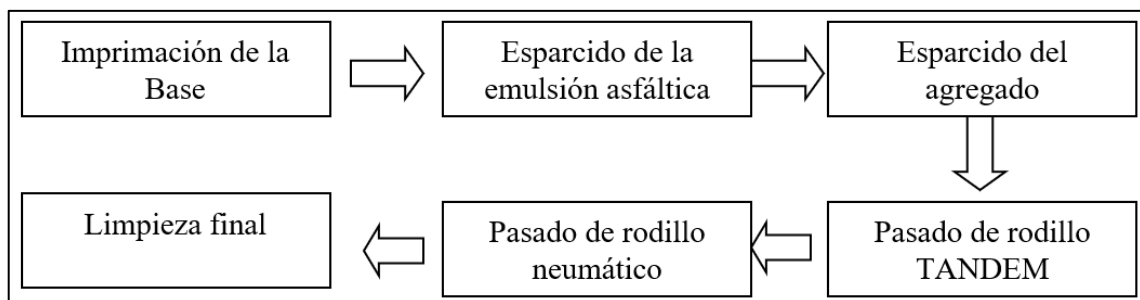
PROPUESTA
Transitabilidad (e=15cm)
Material Granular Estabilizado con Cemento (e=18cm)
Imprimación Asfáltica (Capa de adherencia)
Otta Seal

#### 4.1.3 El proceso de construcción de la técnica OTTA SEAL en la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Arapa – Azángaro, 2022.

En vista de la inexistencia de un procedimiento estandarizado de laboratorio aceptado a nivel nacional o mundial para evaluar el desempeño de un OTTA SEAL.

#### 4.1.3.1 Consideraciones para la elección del procedimiento original

En vista que la aplicación y conformación de un otta Seal son similares a las de un Tratamiento Superficial Monocapa (también conocido Chip Seal o Sello de Gravilla) en cuanto a que se trata de un riego de ligante, seguido de una aplicación de agregado para luego ser rodillado; se consideró el uso de un procedimiento de evaluación similar al que se usa para un Tratamiento Superficial Monocapa (en adelante TSM)



**Figura 18.** Diagrama de proceso constructivo de la técnica OTTA SEAL

**Imprimación,** es la aplicación de un riego asfáltico que sirve de adherencia, impermeabilización y garantiza un comportamiento monolítico entre la base y el revestimiento.



**Figura 19.** Proceso de imprimación de la técnica OTTA SEAL

**Esparcido de la Emulsión Asfáltica,** se realiza el esparcido de la Emulsión Asfáltica con un camión imprimador en buenas condiciones para asegurar la tasa mínima del ligante, primero en un ancho determinado de la vía y posteriormente el restante de ella.



**Figura 20.** Proceso de esparcido de la emulsión asfáltica

**Esparcido del agregado**, se realiza inmediatamente después de colocada la emulsión asfáltica, se coloca el material seleccionado con un esparcidor de agregados convencional.



**Figura 21.** Proceso de esparcido del agregado

**Rodillo tándem**, se inicia la compactación con un rodillo tándem para lograr una mejor incrustación entre el agregado y el ligante.



**Figura 22.** Pasado de Rodillo Tándem

**Rodillo Neumático**, se continua con la compactación de un rodillo neumático de 12 toneladas como mínimo luego de la compactación del rodillo tándem, mientras más pasadas del rodillo mejor. Se abre al tránsito inmediatamente después de haber terminado la rodillada.



**Figura 23.** Pasado de rodillo neumático

**Limpieza final**, Después de tres semanas de la aplicación del Tratamiento Otta Seal, se procede a barrer la vía y retirar el exceso de material.



**Figura 24.** Proceso de limpieza final

#### **4.1.4 Análisis comparativo de la transitabilidad de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, antes y después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL en la carretera Arapa – Azángaro, 2022.**

Según Ramírez (2020), “El tratamiento de Otta Seal es considerado como uno de los tratamientos de ejecución rápida en comparación al Slurry Seal (...)” y mejora considerablemente la transitabilidad en los que se presenta lo siguiente.

##### **4.1.4.1 Evaluación del Índice de rugosidad (IRI)**

El índice de rugosidad internacional (IRI) es un parámetro muy utilizado para determinar la comodidad y la regularidad en la conducción de un pavimento. Se basa en un modelo matemático que simula el movimiento vertical de la suspensión de un vehículo al circular por una carretera a una velocidad estándar de 80 km/h. El IRI se mide en m/km o dm/hm y se correlaciona con la percepción del usuario sobre el estado del pavimento. Un valor inferior a 2 indica una excelente regularidad superficial, mientras que un estado pésimo correspondería con un valor aproximado de 1.52. El IRI es solo una de las muchas características que se analizan dentro de la auscultación de carreteras. El IRI fue aceptado como estándar de medida de la regularidad superficial de un camino por el Banco Mundial en 1986. Para medir el IRI se pueden utilizar diferentes equipos y métodos, siempre que cumplan con las normas establecidas por organismos como ASTM

International o AASHTO (Hirpahuanca, 2016).

Uno de los indicadores de transitabilidad es el índice de rugosidad (IRI) que directamente influyó la aplicación de la técnica OTTA SEAL, es por lo cual se realizó el análisis comparativo del antes y después de la aplicación, los cuales se muestran en la Tabla 26, donde se muestra el IRI promedio de 4.3 Con un IRI máximo de 5.5 y IRI mínimo de 3.3, con una desviación estándar de 0.5.

El índice de rugosidad (IRI) sirve para evaluar la calidad de rodadura de un pavimento, es decir, el grado de comodidad o incomodidad que siente el usuario al transitar por una carretera. Un IRI bajo indica un pavimento suave y regular, mientras que un IRI alto indica un pavimento áspero e irregular. El IRI también sirve para estimar el desgaste y el deterioro de los vehículos y el pavimento, así como el consumo de combustible y las emisiones contaminantes. El IRI es un indicador importante para la gestión y el mantenimiento de las infraestructuras viales.

Además del índice de rugosidad (IRI), existen otros parámetros que se utilizan para evaluar la calidad de un pavimento, tales como:

El concepto de serviciabilidad se refiere a la capacidad de un pavimento para adaptarse al tipo específico de tráfico que utiliza la carretera. Esta medida se cuantifica en una escala que va de 0 a 5, donde 0 indica una designación de pavimento intransitable y 5 indica pavimento de calidad excepcional.

La relación establecida por Paterson en HDM 111 está diseñada específicamente para pavimentos construidos con materiales bituminosos.

$$PSI = 5 * e^{(-\frac{IRI}{5.5})}$$

Donde: e = Base de logaritmos naturales, IRI = Índice de Rugosidad Internacional (m/km).

Antes de la aplicación de la técnica OTTA SEAL se tiene para un IRI promedio





4.3 y un PSI de 2.29 teniendo como resultado una clasificación de serviciabilidad regular.

Para un IRI promedio luego de la aplicación de la técnica OTTA SEAL de 2.8 y un PSI de 3.01 teniendo como resultado una clasificación de Buena.

**Tabla 26.** Índice de rugosidad IRI característico por kilómetros antes de la aplicación OTTA SEAL

PROG. INICIAL	PROG. FINAL	LONGITUD (m)	IRIc Derecho	IRIc Izquierdo	IRIc Promedio
4+050	5+000	950	4.15	3.98	4.1
5+000	6+000	1,000	4.62	4.35	4.5
6+000	7+000	1,000	5.20	5.14	5.2
7+000	8+000	1,000	4.68	4.82	4.8
8+000	9+000	1,000	4.68	4.76	4.7
9+000	10+000	1,000	4.87	4.92	4.9
10+000	11+000	1,000	4.28	4.35	4.3
11+000	12+000	1,000	4.42	4.46	4.4
12+000	13+000	1,000	4.51	4.58	4.5
13+000	14+000	1,000	4.10	4.01	4.1
14+000	15+000	1,000	4.13	3.86	4.0
15+000	16+000	1,000	3.94	4.54	4.2
16+000	17+000	1,000	3.69	3.98	3.8
17+000	18+000	1,000	3.65	3.35	3.5
18+000	19+000	1,000	3.89	4.02	4.0
19+000	20+000	1,000	3.65	4.01	3.8
20+000	21+000	1,000	3.53	3.58	3.6
21+000	22+000	1,000	3.86	3.89	3.9
22+000	23+000	1,000	3.35	3.23	3.3
23+000	24+000	1,000	3.44	3.98	3.7
24+000	25+000	1,000	3.75	3.89	3.8
25+000	26+000	1,000	4.55	3.87	4.2
26+000	27+000	1,000	3.79	4.12	4.0
27+000	28+000	1,000	4.61	5.47	5.0
28+000	29+000	1,000	4.34	4.13	4.2
29+000	30+000	1,000	4.32	3.75	4.0
30+000	31+000	1,000	5.06	5.55	5.3
31+000	32+000	1,000	4.33	5.63	5.0
32+000	33+000	1,000	4.14	4.73	4.4
33+000	34+000	1,000	4.72	3.93	4.3
34+000	35+000	1,000	4.65	4.00	4.3
35+000	35+500	500	5.14	5.92	5.5

**Fuente:** Elaboración propia

Según las mediciones del índice de rugosidad (IRI) antes de la aplicación de la técnica OTTA SEAL se presenta el siguiente gráfico de comportamiento.

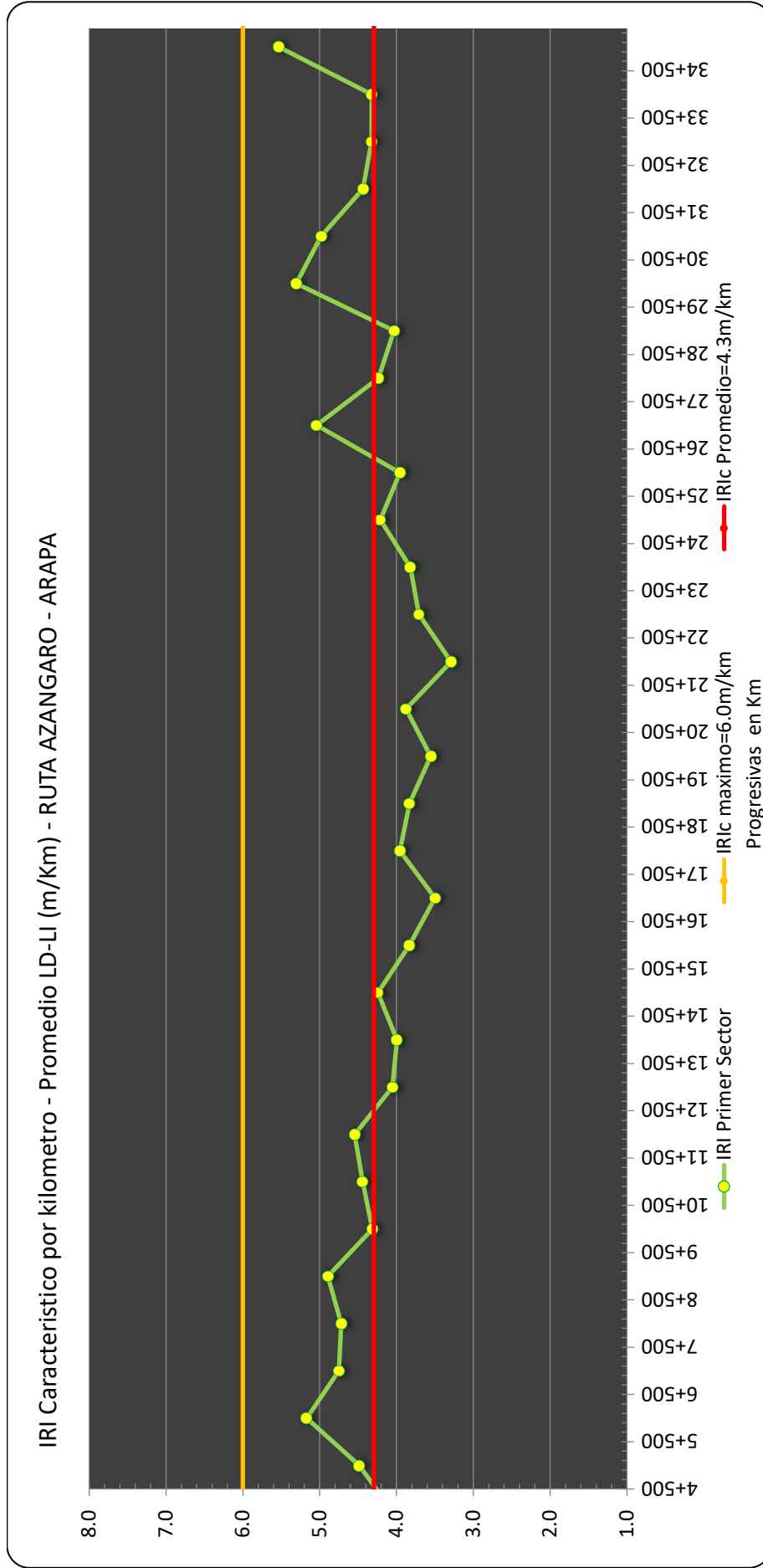


Figura 25. Comportamiento del Índice de rugosidad IRI antes de la aplicación



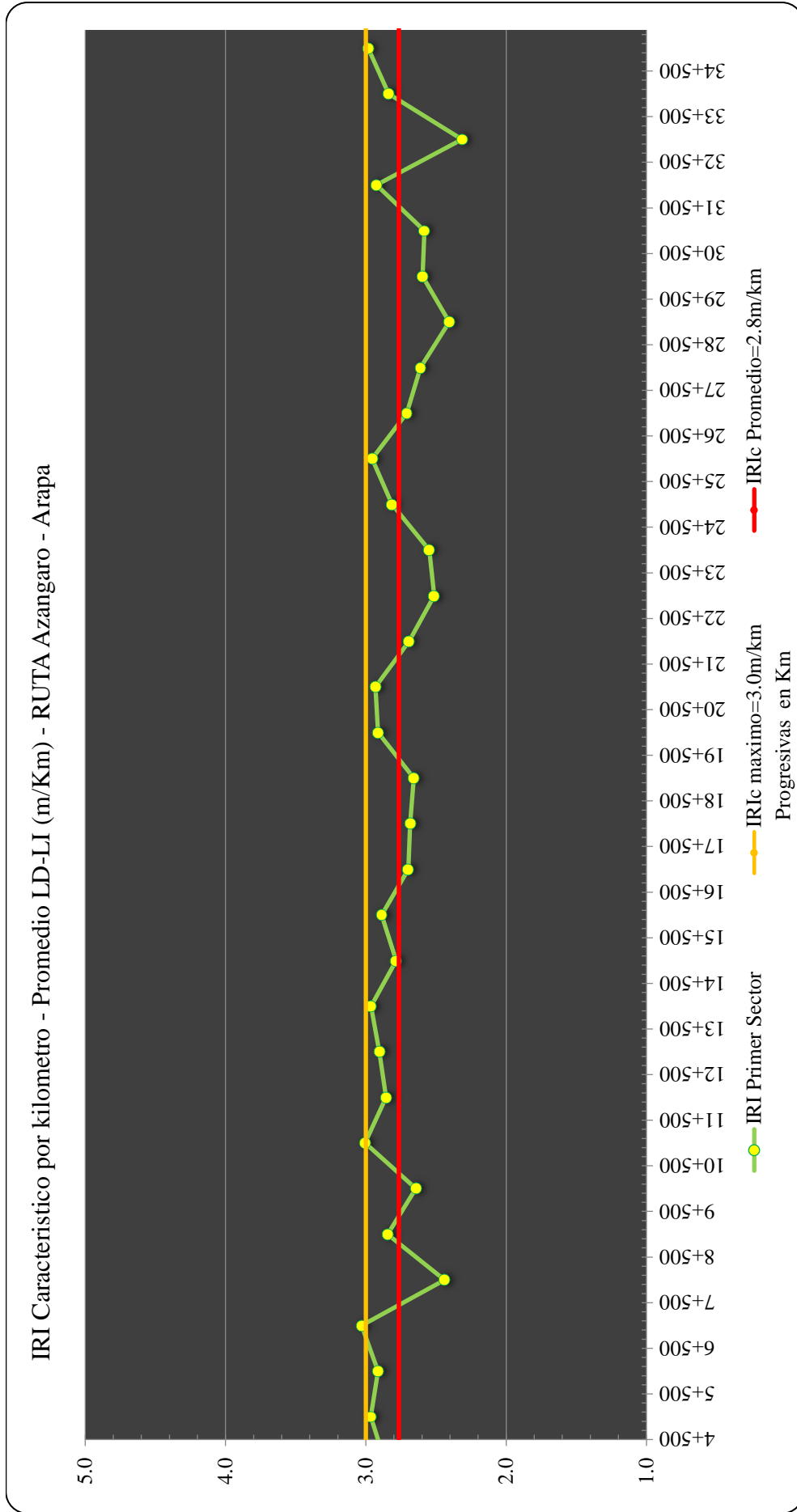
Luego de la aplicación de la técnica OTTA SEAL, mejoró considerablemente, cuyos resultados se muestran en la tabla 27, donde el IRI promedio igual 2.8, IRI máximo 3.0, IRI mínimo 2.3, Desviación Estándar 0.2

**Tabla 27.** Índice de rugosidad IRI característico por kilómetros después de la aplicación OTTA SEAL

PROG. INICIAL	PROG. FINAL	LONGITUD (m)	IRIc Derecho	IRIc Izquierdo	IRIc Promedio
4+050	5+000	950	2.86	2.87	2.9
5+000	6+000	1,000	2.94	2.99	3.0
6+000	7+000	1,000	3.05	2.78	2.9
7+000	8+000	1,000	3.27	2.79	3.0
8+000	9+000	1,000	2.62	2.26	2.4
9+000	10+000	1,000	2.95	2.74	2.8
10+000	11+000	1,000	2.90	2.39	2.6
11+000	12+000	1,000	3.04	2.97	3.0
12+000	13+000	1,000	2.85	2.86	2.9
13+000	14+000	1,000	2.94	2.87	2.9
14+000	15+000	1,000	2.90	3.03	3.0
15+000	16+000	1,000	2.83	2.74	2.8
16+000	17+000	1,000	2.79	2.99	2.9
17+000	18+000	1,000	2.78	2.61	2.7
18+000	19+000	1,000	2.69	2.68	2.7
19+000	20+000	1,000	2.64	2.68	2.7
20+000	21+000	1,000	2.76	3.07	2.9
21+000	22+000	1,000	2.82	3.04	2.9
22+000	23+000	1,000	2.72	2.66	2.7
23+000	24+000	1,000	2.69	2.34	2.5
24+000	25+000	1,000	2.66	2.44	2.5
25+000	26+000	1,000	2.88	2.75	2.8
26+000	27+000	1,000	2.95	2.96	3.0
27+000	28+000	1,000	2.68	2.74	2.7
28+000	29+000	1,000	2.37	2.85	2.6
29+000	30+000	1,000	2.38	2.43	2.4
30+000	31+000	1,000	2.41	2.78	2.6
31+000	32+000	1,000	2.43	2.73	2.6
32+000	33+000	1,000	2.86	2.99	2.9
33+000	34+000	1,000	2.25	2.38	2.3
34+000	35+000	1,000	3.00	2.68	2.8
35+000	35+500	500	2.91	3.06	3.0

**Fuente:** Elaboración propia

De la misma forma se presenta el comportamiento del IRI en la siguiente figura



**Figura 26.** Comportamiento del índice de rugosidad IRI después de la aplicación

#### 4.1.4.2 Análisis comparativo de Índice de rugosidad (IRI) mediante la prueba de T de Student

**Tabla 28.** Valores paramétricos del IRI antes y después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL

Variable	IRIc ANTES	IRIc DESPUÉS
Observaciones	32	32
Mínimo	3.290	2.315
Máximo	5.529	3.030
Media	4.295	2.765
Desv. típica	0.542	0.191

De acuerdo con el análisis comparativo de valores paramétricos del índice de rugosidad (IRI) se tiene un promedio de 4.295 de índice de rugosidad antes de la aplicación de la técnica OTTA SEAL, disminuyó a 2.315 de índice de rugosidad (IRI). Asimismo, se registra un índice de rugosidad (IRI) máximo de 5.529 antes de la aplicación de la técnica OTTA SEAL lo cual disminuyó a 3.030 De índices de rugosidad (IRI). el ámbito de la desviación estándar o típica se registró de 0.542 antes de la aplicación de la técnica OTTA SEAL lo cual disminuyó a 0.191.

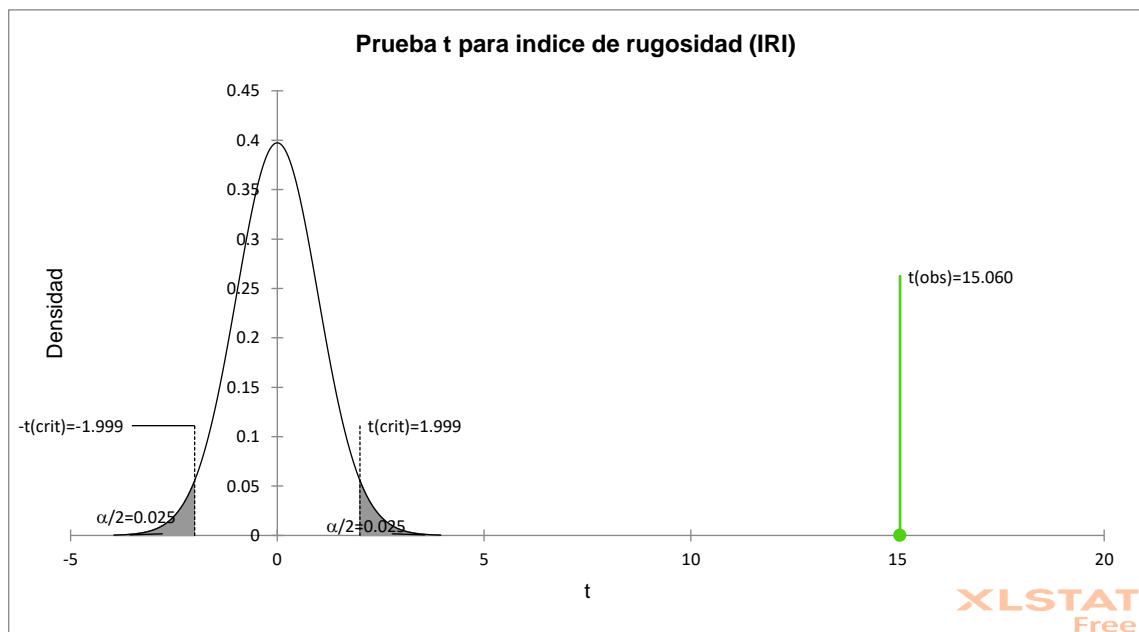
**Tabla 29.** Prueba t para dos muestras independientes

Descripción	Valores
Diferencia	1.530
t (Valor observado)	15.060
t  (Valor crítico)	1.999
GL	62
valor-p (bilateral)	<0.0001
alfa	0.050

Según la prueba t de suden para las muestras independientes del antes y después si tiene una diferencia de valores de 1.530, en lo cual se muestra un t observada o calculada igual a 15.060 lo cual es mayor al valor t crítico igual a 1.999. Por otro lado, se muestra un valor p bilateral igual a 0.0001 que es menor a 0,05, esto demuestra la diferencia significativa entre los valores de índice de rugosidad antes de la aplicación de la técnica OTTA SEAL y después de la aplicación en lo cual haciendo un contraste de

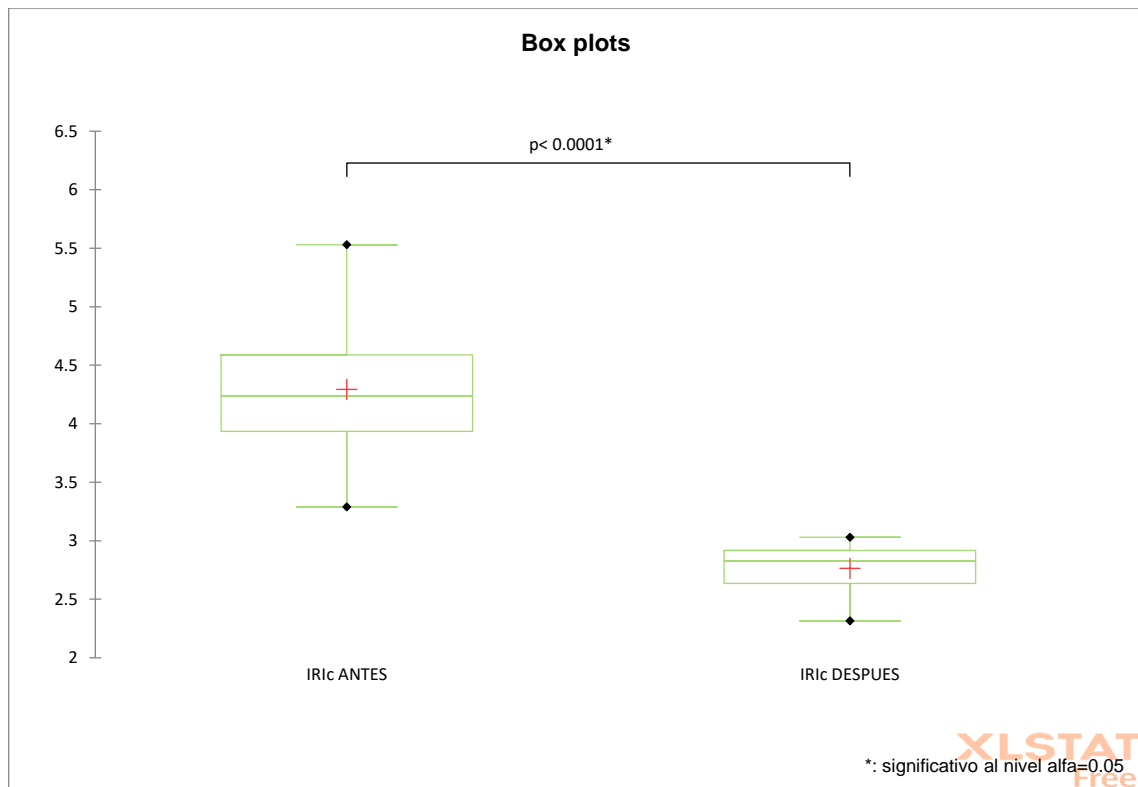
hipótesis basado en el t de Student se concluye que hubo una diferencia significativa y una mejora considerable.

En la figura 26 se muestra la demostración de la mejora de índices de rugosidad (IRI) mediante la campana de gauss donde se muestra la t observada igual a 15.060 que es mayor a la te critica 1.999 concluyendo de esa manera que hubo una mejora en el índice de rugosidad (IRI).



**Figura 27.** Demostración de la mejora de índice de rugosidad (IRI) mediante la prueba T

De la misma manera se muestra el comportamiento de los índices de rugosidad (IRI) en la figura 27, en los procesos de antes y después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL a una significancia asintótica  $p < 0.0001$  que se disminuyó el índice de rugosidad desde 4.295 a 2.315.



**Figura 28.** Comportamiento de los índices de rugosidad (IRI) del antes y después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL

#### 4.1.4.3 Evaluación de velocidad de transporte antes y después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL

A continuación, en este apartado se presentarán los resultados de los conteos vehiculares, dichos conteos a detalle se muestran en el anexo 11.

**Tabla 30.** Transito promedio diario de la Semana

<b>TRAFICO VEHICULAR</b>				
<b>Clasificación E- 1 Azángaro</b>				
<b>(Veh/dia)</b>				
<b>Tipo de Vehículos</b>	<b>TPDS a Arapa</b>	<b>TPDS a Azángaro</b>	<b>TPDS Total</b>	<b>Distrib. %</b>
Autos	23	24	47	11.99%
S. Wagon	20	22	42	10.64%
C. Pick Up	25	22	47	11.95%
C. Panel	1	1	1	0.36%
Camioneta Rural	88	92	180	45.79%
Micro	1	1	3	0.73%
Omnibus 2E	1	1	2	0.40%
Omnibus 3E	0	0	0	0.00%
Omnibus 4E	0	0	0	0.00%
Camion 2E	25	26	51	12.90%
Camión 3E	9	10	19	4.95%
Camion 4E	0	0	0	0.11%
Semitrayles 2S2	0	0	0	0.00%
Semitrayles 2S3	0	0	0	0.00%
Semitrayles 3S2	0	0	0	0.00%
Semitrayles 3S3	0	0	1	0.18%
Traylers 2T2	0	0	0	0.00%
Traylers 2T3	0	0	0	0.00%
Traylers 3T2	0	0	0	0.00%
Traylers 3T3	0	0	0	0.00%
<b>TOTAL TPDS</b>	<b>194</b>	<b>198</b>	<b>392</b>	<b>100.00</b>

En la Tabla 30, los datos indican una capacidad diaria de transporte de 194 vehículos a Arapa y 198 vehículos a Azángaro. Para el cálculo del Índice Medio Diario Anual, se multiplica la Circulación Media Diaria semanal por el factor de corrección propio del mes de diciembre. Pasando a la Tabla 31, se presenta el Índice Promedio Diario Anual para la estación E-1, el cual se determina en 352 vehículos por día según IMDA. Adicionalmente, la tabla proporciona información sobre la composición de los vehículos correspondientes a este índice.



**Tabla 31.** Índice medio diario anual de vehículas

<b>TRAFICO VEHICULAR</b>				
<b>Clasificación E- 1 Azángaro</b>				
<b>(Veh/día)</b>				
Factor Vehículos Pesados	0.88090			
Factor Vehículos Ligeros	0.96510			
<b>Tipo de Vehículos</b>	<b>IMDa a Arapa</b>	<b>IMDa a Azángaro</b>	<b>IMDa Total</b>	<b>Distrib. %</b>
Autos	21	21	41	11.78%
S. Wagon	18	19	37	10.45%
C. Pick Up	22	19	41	11.74%
C. Panel	1	1	1	0.36%
Camioneta Rural	77	81	158	44.99%
Micro	1	1	3	0.72%
Omnibus 2E	1	1	2	0.43%
Omnibus 3E	0	0	0	0.00%
Omnibus 4E	0	0	0	0.00%
Camion 2E	24	25	49	13.88%
Camión 3E	9	10	19	5.33%
Camion 4E	0	0	0	0.12%
Semitrayles 2S2	0	0	0	0.00%
Semitrayles 2S3	0	0	0	0.00%
Semitrayles 3S2	0	0	0	0.00%
Semitrayles 3S3	0	0	1	0.20%
Traylers 2T2	0	0	0	0.00%
Traylers 2T3	0	0	0	0.00%
Traylers 3T2	0	0	0	0.00%
Traylers 3T3	0	0	0	0.00%
<b>TOTAL IMD</b>	<b>174</b>	<b>178</b>	<b>352</b>	<b>100.00</b>

Comparando a la tabla 32, se muestra el estudio de Rojas (2017) donde en su estudio alcanza los 5323 vehículos por día, teniendo un ancho de superficie de rodadura de 14 m, y una velocidad directriz de 60 km/h, en lo cual nuestra investigación reporta un número muy por debajo de ello, es por lo cual la vida útil de la vía será mucho mayor debido al aforo vehicular. Asimismo, Delgado (2020) diseñó un pavimento con volumen bajo de tráfico, donde registró TPDA era de 156 veh/día, tomando en cuenta como una carretera de clase tercero de acuerdo con el DG2018, por lo tanto es categorizado como una vía con pavimentación de costos menores, asimismo se encontró que la estructura de apoyo dio como resultado un CBR de 24%, determinando que existe una buena

subrasante. Zapana (2013) menciona que el OTTA SEAL es un tratamiento muy viable y económico que su comportamiento se vería mejor sobre vías de bajo tránsito, mientras que en vías de alto tránsito no está comportándose adecuadamente y esto está generando fallas en la vía, en mayor magnitud en la superficie de rodadura a largo plazo.

**Tabla 32.** Evaluación de velocidad de transporte: Tramo Azángaro – Arapa, antes de la aplicación de la técnica OTTA SEAL

Tipo de vehículo	Tiempo	Tiempo (s.)	Distancia (m.)	Velocidad (km/h)
CAMIÓN 01	1 min. 26 seg.	86	1000	41.86
CAMIÓN 02	1 min. 27 seg.	87	1000	41.38
CAMIÓN 03	1 min. 36 seg.	96	1000	37.50
CAMIONETA 01	51 seg.	51	1000	70.59
CAMIONETA 02	54 seg.	54	1000	66.67
CAMIONETA 03	53 seg.	53	1000	67.92
MINIVAN 01	1 min. 09 seg.	69	1000	52.17
MINIVAN 02	1 min. 02 seg.	62	1000	58.06
MINIVAN 03	1 min. 12 seg.	72	1000	50.00
<b>PROMEDIO</b>				<b>54.02</b>

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 32 demuestra la evaluación de velocidad de transporte en el tramo Azángaro a Arapa donde es uno de los tramos que recorre diversos tipos de vehículos en lo cual se determinó un promedio a 54.02 km/h teniendo un lapso de viaje de más de una hora desde la ciudad de Azángaro hasta el distrito de Arapa

**Tabla 33.** Evaluación de velocidad de transporte: Tramo Arapa – Azángaro, antes de la aplicación de la técnica OTTA SEAL

Tipo de vehículo	Tiempo	Tiempo (s.)	Distancia (m.)	Velocidad (km/h)
CAMIÓN 01	1 min. 16 seg.	76	1000	47.37
CAMIÓN 02	1 min. 20 seg.	80	1000	45.00
CAMIÓN 03	1 min. 16 seg.	76	1000	47.37
CAMIONETA 01	45 seg.	45	1000	80.00
CAMIONETA 02	54 seg.	54	1000	66.67
CAMIONETA 03	53 seg.	53	1000	67.92
MINIVAN 01	63 seg.	63	1000	57.14
MINIVAN 02	47 seg.	47	1000	76.60
MINIVAN 03	47 seg.	47	1000	76.60
<b>PROMEDIO</b>				<b>62.74</b>

De igual manera en la tabla 33 se muestra la evaluación de velocidad de transportes del tramo Arapa a Azángaro, en lo cual se muestra la diferencia en el cambio

de tramo o el transporte de regreso desde el distrito de Arapa hasta la ciudad de Azángaro, en lo cual se registró una velocidad promedio de 62.74 km/h, realizando un total de viaje de más de una hora.

En la tabla 33 y 34 se muestra la evaluación de las velocidades después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL.

**Tabla 34.** Evaluación de velocidad de transporte: Tramo Azángaro – Arapa, después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL

Tipo de vehículo	Tiempo	Tiempo (s.)	Distancia (m.)	Velocidad (km/h)
CAMIÓN 01	52 min	52	1000	69.23
CAMIÓN 02	1 min. 22 seg.	82	1000	43.90
CAMIÓN 03	1 min. 25 seg.	85	1000	42.35
CAMIONETA 01	51 seg.	51	1000	70.59
CAMIONETA 02	45 seg.	45	1000	80.00
CAMIONETA 03	41 seg.	41	1000	87.80
MINIVAN 01	43 seg.	43	1000	83.72
MINIVAN 02	47 seg.	47	1000	76.60
MINIVAN 03	41 seg.	41	1000	87.80
<b>PROMEDIO</b>				<b>71.33</b>

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 34 se muestra la evaluación de velocidad de transporte del tramo Azángaro a Arapa después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL, teniendo un promedio de 71.33 km/h, En lo cual realizando análisis comparativo con la tabla 33 se incrementó 8.59 km/h Realizando un viaje total de menos de una hora promedio.

Al respecto, Aravena y Guzmán (2011) en su estudio planteó el Otta Seal como herramienta del sellado para vías sin pavimentación, donde menciona “tiene un comportamiento bueno y es una alternativa de solución que se ajusta para vías de poca transitabilidad y su tratamiento requiere de un presupuesto menor al de una vía con DTS, por lo que sugiere que se realice un monitoreo es esta vía desde el método Otta Seal para identificar las condiciones de funcionamiento en un periodo determinado”.

**Tabla 35.** Evaluación de velocidad de transporte: Tramo Arapa – Azángaro, después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL

Tipo de vehículo	Tiempo	Tiempo (s.)	Distancia (m.)	Velocidad (km/h)
CAMIÓN 01	50 min	50	1000	72.00
CAMIÓN 02	47 seg	47	1000	76.60
CAMIÓN 03	1 min. 52 seg.	112	1000	32.14
CAMIONETA 01	43 seg.	43	1000	83.72
CAMIONETA 02	39 seg	39	1000	92.31
CAMIONETA 03	46 seg	46	1000	78.26
MINIVAN 01	40 seg	40	1000	90.00
MINIVAN 02	48 seg	48	1000	75.00
MINIVAN 03	40 seg	40	1000	90.00
<b>PROMEDIO</b>				<b>76.67</b>

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 35 se muestra la evaluación de velocidad de transporte del tramo Arapa a Azángaro, donde la velocidad promedio se registró a 76.67 km/h teniendo un incremento de 5.34 km/h con respecto a la tabla 33 que fue presentado antes de la aplicación de la técnica OTTA SEAL.

#### 4.1.4.4 Análisis comparativo de velocidades en el transporte (transitabilidad)

Basándonos que la estadística inferencial se realiza el análisis comparativo de las velocidades transporte como un indicador de la transitabilidad del tramo Azángaro – Arapa y viceversa, en la cual en la tabla 36 se muestra el análisis comparativo de los valores paramétricos de velocidades en el transporte-

**Tabla 36.** Valores paramétricos de velocidades en el transporte (transitabilidad)

Variable	ANTES	DESPUÉS
Mínimo	37.500	32.143
Máximo	80.000	92.308
Media	58.379	74.002
Desv. típica	13.568	17.462

**Fuente:** Elaboración propia

Tomando a referencia la tabla 36, se compara con el estudio de Rojas (2017) en su estudio resolvió acerca de las condiciones no adecuadas de tránsito habilitado que existe en las carreteras estudiados, lo cual se encontraba en condiciones inadecuados hasta la actualidad donde la pavimentación es base que brinda soporte vehicular producto de aumento vehicular debido que se apertura de una vía”

La velocidad promedio total antes de la aplicación de la técnica OTTA SEAL fue de 58.379 Km/h lo cual se incrementó a 74.002 Km/h. Asimismo, Se registraron las velocidades máximas desde 80 km/h antes de la aplicación hasta 92.308 kilómetros por hora después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL, también se muestra la desviación típica y estándar del antes y después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL, registrando una desviación típica de 13.568 antes de la aplicación lo cual se incrementó a 17.462, esto explica que los vehículos livianos aumentaron la velocidad de transporte llegando en menor tiempo posible el tramo evaluación mientras que los vehículos pesados manteniendo una velocidad de transporte y es ahí la desviación estándar se incrementa significativamente.

**Tabla 37.** Prueba t para dos muestras independientes

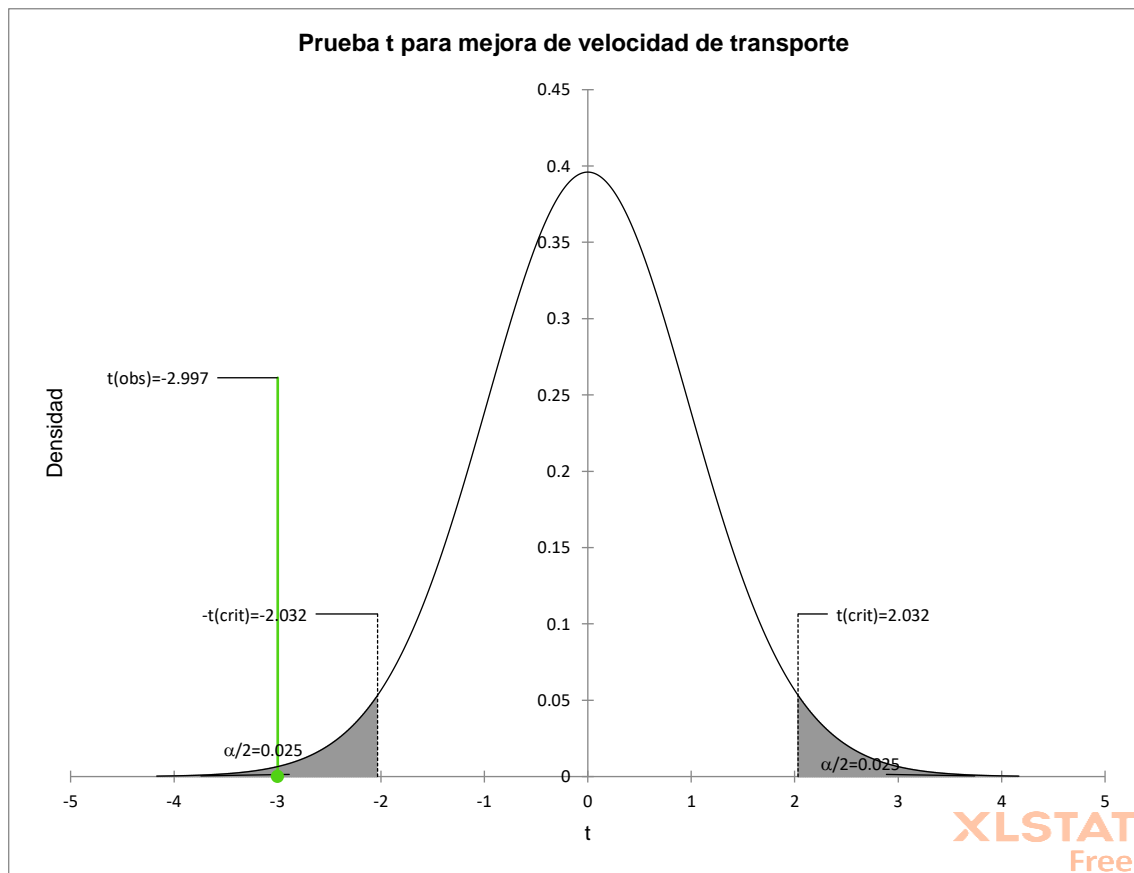
Descripción	Valores
Diferencia	15.623
T (Valor observado)	2.997
t  (Valor crítico)	2.032
GL	32
Valor-p (bilateral alfa)	0.005

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 37 se muestra la prueba t parte del contraste de hipótesis, demostrando una diferencia positiva de 15.623. Asimismo, se muestra un t de valor observado o calculado igual a 2.997 que es mayor al valor de t crítico igual a 2.032. Por otro lado se muestra un valor p bilateral igual a 0.005 que es menor a 0,05, los cuales cumplen las condiciones de rechazar una hipótesis nula y aceptar las hipótesis de investigación, concluyendo que la aplicación de la técnica OTTA SEAL mejoró significativamente el tiempo de viaje y la velocidad de tránsito, en lo cual se disminuyó los tiempos de viaje y se aumentó las velocidades de transporte.

Asimismo, en la figura 28 se demuestra la mejora de velocidad de transporte mediante la prueba del t de student teniendo una prueba bilateral en lo cual disminuyó el

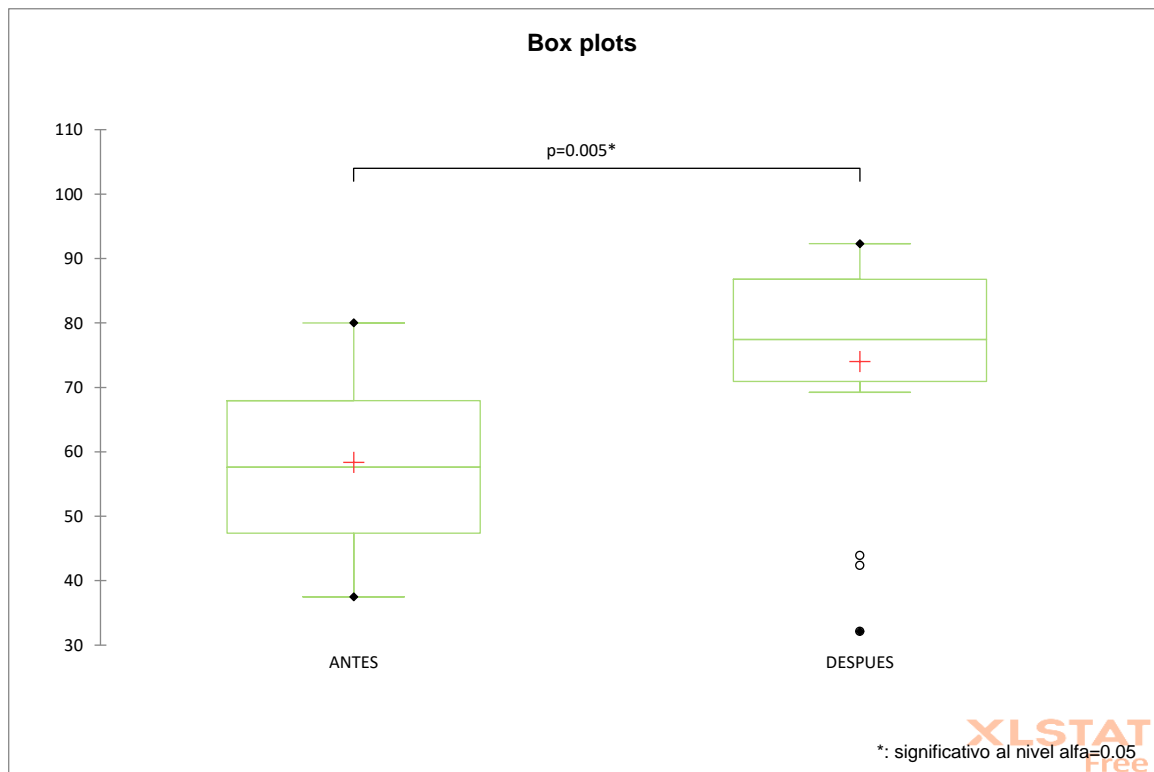
tiempo de viaje y mejoró la velocidad.



**Figura 29.** Demostración de la mejora de velocidad de transporte mediante la prueba T

De igual forma en la figura 29, se muestra el comportamiento de las velocidades de transporte del antes y después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL, en lo cual se determina una velocidad promedio de 58.379 kilómetros por hora a una desviación típica de 13.568, lo cual mejoró hasta 74.002 con una desviación estándar de 17.462. Al respecto, Huaman y Oscoco (2021) realizaron un estudio donde evaluaron la rehabilitación superficial de asfaltos empleando el método OTTA SEAL permitiendo el mejoramiento de tránsito, donde encontró que es una de las alternativas que mayor se ajustan para otro tipo realizar mantenimientos de carreteras gracias a su presupuesto menor, asimismo aporta en mejorar Serviciabilidad y reducir polvos, debido que recibe superficies sellados evitando de esta manera daños y pérdidas de materiales finos ya que demanda menor

costo de operación.



**Figura 30.** Comportamiento de la velocidad de transporte del antes y después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL.

## 4.2 DISCUSIÓN

La investigación se planteó la aplicación de la técnica OTTA SEAL con la finalidad de mejorar el tránsito habilidad de la carretera Azángaro – Arapa, dónde se empezó con la evaluación situacional de dicha ruta, en lo cual muchos autores como Valero y Magalón (2018) realizar un análisis situacional de un tramo con la finalidad de manejar estrategias de mejora en lo cual utilizan normas de cada país. Por otro lado, el estudio de Huamán y Oscoco (2021) realizaron un estudio donde evaluaron la rehabilitación superficial de asfaltos empleados por el método OTTA SEAL, determinando que es sumamente importante realizar el análisis situacional de la ruta, mediante lo cual se encontró una alternativa de solución planteada para la aplicación del OTTA SEAL, teniendo que realizar ajustes para un aporte favorable en el soporte de



estructura del pavimento. Dentro de la evaluación situacional de la carretera, se realizó el análisis topográfico dividiendo en tramos para determinar la calidad de suelo, la ubicación de canteras y otros agregados que se puedan utilizar para la aplicación de la técnica OTTA SEAL.

Analizando el estudio de Ccancapa (2022) que aplica el tratamiento OTTA SEAL en la región de Andahuaylas, en lo cual identificó los daños del pavimento, por lo que se requirió considerar que necesite un tratamiento correctivo, puesto que se visualizó que por la carretera circulan vehículos pesados y ligeros por lo cual fue necesario tener una propuesta que realiza el tratamiento superficial bituminoso procediendo a diseñar técnicas que puedan alargar la vida útil de dicha vía. Asimismo, Rojas (2017) identificó daños en el pavimento lo cual se encontraba en condiciones inadecuados hasta la actualidad donde la pavimentación es base que brinda soporte vehicular producto de aumento vehicular debido que se apertura una vía automotora. Además, Zapana (2013) realizó una evaluación de situación que determinó que se encuentra en estado regular finalmente respecto al Tratamiento Superficial “Otta Seal”, es un tratamiento muy viable y económico que su comportamiento se vería mejor sobre vías de bajo tránsito, mientras que en vías de alto tránsito no está comportándose adecuadamente y esto está generando fallas en la vía, en mayor magnitud en la superficie de rodadura a largo plazo.

Como segundo objetivo específico de investigación fue diseñar la aplicación del OTTA SEAL. Al respecto, Galeano (2020), en su artículo de investigación diseña una estructura de pavimento flexible enviando el tratamiento superficial doble, en lo cual determina qué es una alternativa nueva y diferente la técnica OTTA SEAL, y demostró tener mayor eficiencia, confiabilidad y durabilidad en comparación con los demás diseños lo que brinda una rugosidad que proviene el deslizamiento transaccional y longitudinal de autos y vehículos, esta investigación nos da a entender la importancia de la técnica, en





lo cual se basa en la transitabilidad de los vehículos. Por otro lado, Ceylan, et al. (2018) evaluó si los sellos de OTTA SEAL permite realizar el tratamiento superficial alternativo para el mejoramiento de carreteras de bajo volumen, y lo cual evidenció la utilización de los sellos de esta técnica para brindar datos e información actual acerca de sus propiedades, diseños y construcción por lo que realiza recomendaciones de diseño con una buena elección de materiales, para lo cual en nuestra investigación se realizó análisis de laboratorio para tener los agregados correspondientes. Así mismo, Aravena y Guzmán (2011), agrega la técnica OTTA SEAL como una herramienta del sellado para vía sin pavimentación, no en lo cual recalca que la solución se ajusta para vías de poca tránsito habilidad y su tratamiento requiere de un presupuesto menor al de un día con DTS, en lo cual el autor sugiere que se realice un monitoreo de esta vía para identificar las condiciones de funcionamiento en un periodo determinado, es importante realizar el estudio de tráfico antes de la aplicación de la técnica OTTA SEAL, lo cual se realizó en nuestra investigación determinando los vehículos por día. En el ámbito de los costos se tuvo el estudio de Ramírez (2020) en lo cual analiza técnicamente el costo generado por el tratamiento realizado, dónde encontró que en la carretera departamental Lamas el Otta Seal tuvo un costo de S/. 1'516,124.14, en cambio el método de Slurry Seal de acuerdo con bloque transversal planteado posee un costo de S/. 2'082,735.67, demostrando diferencias considerables, de la misma manera, Joya y Pezo (2015) demuestran la eficacia del tratamiento de superficie planteada en situaciones señaladas bajo un análisis comparativo de Otta Seal y Slurry Seal, “el Otta Seal es un alternativa de solución para tratamiento superficial monocapa, debido que no cumple con estándares de Otta Seal ya que no coloca una imprimación y no se empleó PEN 150-200 y en cuanto a Slurry Seal se determinó que técnicamente sirven para mantener pavimento asfáltico periódicamente y se encontró que en las rutas señaladas no se colocó sobre una bases, mediante la



evaluación realizada se determina que los diferentes casos poseen presupuestos, mantenimientos, determinando que el método Otta Seal presenta costos menores a diferencia de otros”. Como tercer objetivo específico se tuvo la evaluación de la mejora de transitabilidad, se realizó un estudio de tráfico en lo cual se determina el total de vehículos por día que nuestra investigación se alcanzó a determinar 392 vehículos por día en ambas vías, lo cual se compara con el estudio de Delgado (2020) diseñó un pavimento con volumen bajo de tráfico, donde registró TPDA era de 156 veh/día, tomando en cuenta como una carretera de clase tercero de acuerdo con el DG2018, por lo tanto es categorizado como una vía con pavimentación de costos menores, asimismo se encontró que la estructura de apoyo dio como resultado un CBR de 24%



## V. CONCLUSIONES

**PRIMERA:** La aplicación de la técnica OTTA SEAL mejoró considerablemente la transitabilidad de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Arapa – Azángaro, en los aspectos de disminución del IRI y el aumento de velocidad de viaje, lo cual fue demostrado mediante la prueba del t de Student en cual se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis de investigación.

**SEGUNDA:** La ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Arapa – Azángaro se encuentra en alguna situación deplorable con bastantes deterioros, donde se evidenció diversos problemas como al alto índice de rugosidad (IRI) una regular superficie de rodadura, con erosiones, deformaciones y baches presentaba una topografía accidentada por la presencia de lluvias en la zona, lo que obstaculizaba la transitabilidad normal de los vehículos, y las obras de drenaje requerían de limpieza inmediata de vegetación y sedimentos.

**TERCERA:** El diseño y el proceso de construcción de la técnica OTTA SEAL mejoró la transitabilidad de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Arapa – Azángaro, cuyo diseño fue realizado a un coeficiente estructura de OTTA SEAL de 12 mm de espesor encima del material granulada estabilizado con cemento con coeficiente estructura de 0.053/cm y más abajo estuvo el material de transitabilidad con un coeficiente estructural de 0.047/cm y el proceso de construcción de la técnica OTTA SEAL estuvo conformado por 6 etapas desde la imprimación de la base hasta la limpieza final en la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Arapa – Azángaro, 2022.

**CUARTA:** La transitabilidad de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, mejoró en el aspecto del índice de rugosidad (IRI), desde 4.295 hasta 2.765 de igual manera el tiempo de viaje mejoró desde una velocidad promedio de 58.379 Km/h con tiempo de viaje de más de una hora hasta 74.002 Km/h con un tiempo de viaje de menos de hora



después de la aplicación de la técnica OTTA SEAL en la carretera Arapa – Azángaro.



## VI. RECOMENDACIONES

**PRIMERO:** Se recomienda la aplicación de la técnica OTTA SEAL en todas las rutas de bajo tránsito en la región de Puno, con la finalidad de mejorar la transitabilidad en los aspectos de índices de rugosidad y tiempos de viaje respecto a velocidad.

**SEGUNDO:** Investigar el índice de accidentabilidad basado en la seguridad vial en la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Arapa – Azángaro.

**TERCERO:** Investigar la vida útil de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500 en sus diferentes indicadores de la carretera Arapa – Azángaro.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almanza, D. (2014). Evaluación del modelo “quarter Car” para la estimación de nivel de transitabilidad del tramo Huancavelica – Santa Inés. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Arana, A. J., & Camacho, B. P. (2015). *Evaluación económica de los tratamientos superficiales OTTA SEAL y SLURRY SEAL en carreteras de bajo volumen*: Retrieved 4 de 6 de 2022, from [http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/1147/1/joya\\_ar-pezo\\_bm.pdf](http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/1147/1/joya_ar-pezo_bm.pdf)
- Arvena, C., & Guzmán, H. (2011). Evaluación técnico económica entre la técnica del OTTA SEAL y la técnica del doble tratamiento superficial, ambas como solución definitiva para caminos básicos : un seguimiento al tramo Hualqui - San Onofre, VIII Región Chile. (*Tesis de pregrado*). Universidad Andrés Bello, Chile.
- Atarama, E. (2015). Evaluación de la transitabilidad para caminos de bajo tránsito estabilizados con aditivo PROES. [*tesis de grado*]. Universidad de Piura, Piura.
- Behar, S. (2008). *Metodología de la Investigación*. Editorial Shalom 2008. <https://doi.org/ISBN 978-959-212-783-7>
- Carrasco, S. (2005). *Metodología de Investigación Científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. (Primera edición ed.). Perú: Editorial San Marcos. <https://doi.org/ISBN. 9972-34-242-5>
- Charaja, F. (2011). *EI MAPIC en la Metodología de Investigación*. Puno: Sagitario Impresores. <https://doi.org/INDECOPI Reg. No. 00920-2009>
- Delgado, G. (2020). Selección y diseño de pavimento de bajo tráfico con tratamientos superficial del paso inferior San Clemente – Pisco – Ica, 2020. (*Teiss de pregrado*). Universidad Señor de Sipán, Pimentel.
- Elias, J. (7 de Mayo de 2009). *Desarrollo y defensa*. ¿Que es el Otta Seal?: <https://desarrolloydefensa.blogspot.com/2009/05/que-es-el-otta-seal.html>
- Fores, L. (2021). Nivel de servicio en micropavimento Otta Seal mediante métodos convencionales del km 00+000 al km 03+858.14 en la carretera Arcopunco - Cabana - Puno 2021. (*Tesis de pregrado*). Universidad César Vallejo, Lima.



- Gutiérrez, T. (Diciembre de 2004). *Reporte de Investigación*. Índice de Regularidad Internacional:  
<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1347/LM-PI-PV-IN-24a-04%20%20c3%8dndice%20de%20regularidad%20internacional.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, L., Botero, J., Sandino, E., & Murillo, I. (2018). *Obras de arte para vías en concreto reflectivo*. Universidad Piloto de Colombia, Colombia.
- Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). *Metodología de investigación* (Sexta ed.). Mexico: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES,S.A. DEC.V. <https://doi.org/ISBN:978-1-4562-2396-0>
- Huamán, H., & Oscco, R. (2021). Análisis del tratamiento de la superficie asfáltica aplicando técnica : Otta Seal para mejorar la transitabilidad en carretera Andahuaylas- Negromayo, 2020. (*Tesis de pregrado*). Universidad César Vallejo, Lima.
- Humpiri, K. (2015). Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la Región de Puno. [*tesis de grado*]. Universidad Andina Nestor Cáceres Velásquez, Juliaca.
- Joya, A., & Pezo, B. (2015). Evaluación económica de los tratamientos superficiales Otta Seal y Slurry Seal en carreteras de bajo volumen; Caso: ruta PE-12A tramo III puente Huarochirí- sihuas y caso de: Ruta PE-28C tramo V san Francisco Puerto - Ene. (*Tesis de pregrado*). Universidad Ricardo Palma, Lima.
- León, C. W., & Pita, A. J. (2018). *Investigación de las condiciones de transitabilidad del camino vecinal SIMBRON - FARRAT - COLPA- SACHA GRANDE , provincia de gran chimu - La libertad*. Retrieved 4 de 6 de 2022, from [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/4447/1/re\\_ing.civil\\_cristian.colchado\\_anthony.dã•\\_az\\_condiciones.de.transitabilidad\\_datos.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/4447/1/re_ing.civil_cristian.colchado_anthony.dã•_az_condiciones.de.transitabilidad_datos.pdf)
- Mendoza, T. G., & Lozada, H. A. (2014). *Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de la carretera Cusco - Ccorcca*. Retrieved 4 de 6 de 2022, from <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/unsaac/1541>



- Noriega, J. (2020). Evaluación técnica y de costo entre los tratamientos superficiales otta seal y slurry seal, para carreteras de bajo volumen de tránsito en el departamento de San Martín 2019. [tesis de grado]. Universidad Científica del Perú, Tarapoto. [http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1017/TESIS\\_%20ING.CIVIL\\_ALVARO%20RAMIREZ\\_TITULO\\_2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1017/TESIS_%20ING.CIVIL_ALVARO%20RAMIREZ_TITULO_2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Overby, C. (1999). *Diseño, Construcción y Mantenimiento de Sellado Otta*. Noruega: Manual norwegian public roads administration.
- PIARC. (2022). *Término del diccionario vial*. transitabilidad: <https://www.piarc.org/es/actividades/Diccionario-Vial-Terminologia-Transporte-Carretera/ficha-termino/93788-es-transitabilidad>
- Pinedo, C. (2016). Diseño de la carpeta asfáltica modificada con polímero polietileno para el mejoramiento del camino vecinal nuevo Shupishiña Morales - 2016. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Tarapoto.
- Ramírez, J. (2020). Evaluación Técnica y de costo entre los tratamientos superficiales Otta Seal y Slurry Seal, para carreteras de bajo volumen de tránsito en el departamento de San Martín-2019. (tesis de pregrado). Universidad Científica del Perú, Tarapoto.
- Rojas, F. (2017). Mejoramiento de la transitoriedad vehicular y peatonal de la avenida César Vallejo, tramo cruce con la avenida separadora industrial hasta el cruce con el cementerio, en el distrito de Villa El Salvador, provincia de Lima, departamento de Lima. [Tesis pregrado]. Universidad federico Villareal, Lima. <http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/1905/FAUSTINO%20ROJAS%20MENDOZA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rondón, M., & Reyes, T. (2015). *Estudio de suelos y parametros para una eficiente carpeta asfáltica*. SBS.
- Salazar, C., & Trigos, B. (2020). Mejoramiento del comportamiento mecánico de la carpeta asfáltica implementando elastómeros termoplásticos Estireno –Butadieno – Estireno en la Av. Circunvalación, Lima 2020. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima.





- Sanga, W. (2019). Análisis de la incidencia de la geometría referida a los cambios de pendientes sobre el índice de rugosidad internacional de la ruta nacional PE-3SF, 2018. *[tesis de grado]*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Sayers, M., & Karamihas, S. (1997). *The Little Book of Profiling*. University of Michigan Transportation Research Institute, USA.
- Tingal, H. (2021). Análisis del índice de rugosidad internacional (IRI) de la superficie del pavimento flexible de la vía Cajamarca-Baños del Inca, utilizando el rugosímetro de Merlin. *[tesis de grado]*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Valero, L., & Malagón, L. (2018). Diagnostico para el mejoramiento del tramo de la vía úmbita – Juncal localizado en el departamento de Boyacá, Colombia. *(Trabajo de programa)*. Universidad Católica de Colombia, Colombia.
- Zapana, E. (2013). Evaluación de la solución Otta Seal del tramo Pucara – Calapuja Ruta PE-3S. *(Tesis de pregrado)*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.



# ANEXOS

<https://drive.google.com/file/d/1MaitNzTx-0Shdpfi0svrdnYmWQS8aSR9/view?usp=sharing>



## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Dennis Parco Mamani  
identificado con DNI 70405250 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Civil

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  
 Título Profesional denominado:

"Aplicación de la Técnica Otta Seal para mejorar la transitabilidad de la ruta  
PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Arapa - Areánzaco, 2022.

" Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 17 de Julio del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



## AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Dennis Paez Mamani  
, identificado con DNI 70405250 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Civil

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  Título Profesional denominado:

“Aplicación de la Técnica Otta Seal para mejorar la transitabilidad de la ruta PE-34R del Km 04+086 al Km 34+500, carretera Alapa - Azángaro, 2022.”

” Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 17 de Julio del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella