

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**“COMPARACIÓN ENTRE EL NIVEL DE SERVICIO DE UNA VÍA  
CONCESIONADA Y LA PERCEPCIÓN DE SERVICIABILIDAD DEL USUARIO”**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

**MAURICIO ANDRÉS REBATA HILARIO**

**ASESOR:**

**FÉLIX ISRAEL CABRERA VEGA**

Lima, febrero, 2024

### Informe de Similitud

Yo, Felix Cabrera Vega docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada “COMPARACIÓN ENTRE EL NIVEL DE SERVICIO DE UNA VÍA CONCESIONADA Y LA PERCEPCIÓN DE SERVICIABILIDAD DEL USUARIO”, del autor Mauricio Andrés Rebata Hilario, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 16 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 13/02/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 13 de febrero 2024

Apellidos y nombres del asesor <u>Cabrera Vega Felix Israel</u>	
DNI: 22309049	Firma 
ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-1917-9840">https://orcid.org/0000-0003-1917-9840</a>	

## RESUMEN

La situación de la infraestructura en el Perú es alarmante. Según un estudio del MEF, existe una brecha de miles de millones de soles en infraestructura de acceso básico; sin embargo, la preocupación no es solo por la construcción de nueva infraestructura, sino también por el correcto mantenimiento y conservación de la ya existente. Es por ello que OSITRAN, es el responsable de supervisar, fiscalizar y sancionar los servicios que involucran la explotación de la infraestructura. En el caso de carreteras concesionadas, la empresa concesionaria es la encargada de ejecutar las tareas necesarias para cumplir con el nivel de servicio exigido en el contrato de concesión.

La presente investigación se basa en el AASHO Road Test, donde se establece que la confortabilidad de una carretera medida mediante una evaluación objetiva (PSI) tiene una relación directa con el mismo valor de confortabilidad, pero medido mediante una evaluación subjetiva (PSR). Por ello, con el fin de poder comparar el nivel de servicio del tramo Mocupe – Chiclayo de la carretera concesionada Autopista del Sol, y el nivel de servicio percibido por los usuarios del tramo de la misma concesión, se recopiló información de la entidad supervisora (OSITRAN) y se realizaron encuestas de elaboración propia, donde se consulta a los usuarios de la infraestructura su percepción con respecto a la confortabilidad y estado de la infraestructura vial.

Los resultados de la Evaluación Funcional del Pavimento del tramo Mocupe - Chiclayo, arrojan un valor de PSI de 4.16, lo que indica que la confortabilidad del pavimento es muy buena. Mientras que los resultados de la evaluación de Niveles de Servicio Global (NSG), que evalúa el estado de los bienes de la infraestructura, arroja un NSG variable entre el 50 y 90%, lo que indica un bajo nivel de servicio, que se sitúa por debajo del mínimo admisible. Finalmente, de acuerdo a las encuestas realizadas, el PSR del tramo se sitúa en 3.8, lo que indica una buena confortabilidad del pavimento y una percepción regular-buena del estado de los bienes de la carretera.

Se concluye que la percepción de los usuarios coincide a grandes rasgos con los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas por la entidad supervisora. Asimismo, es evidente que el estado de los bienes de la concesión no es el más óptimo pero que esto no repercute en gran medida en cuanto a la confortabilidad del pavimento.

## **DEDICATORIA**

Quiero agradecer a todas las personas que fueron partícipes de mi formación personal y profesional; amigos, compañeros y colegas con los que compartí enseñanzas y vivencias. Una mención especial a mis padres y hermana, que siempre me apoyaron y motivaron a dar lo mejor de mí. Gracias por todo.



## TABLA DE CONTENIDO

<b>Capítulo 1: Planteamiento del Problema</b> .....	1
<b>1.1. Introducción</b> .....	1
<b>1.2. Preguntas de investigación</b> .....	2
<b>1.2.1. Pregunta general</b> .....	2
<b>1.2.2. Preguntas específicas</b> .....	2
<b>1.3. Objetivos de investigación</b> .....	3
<b>1.3.1. Objetivo general</b> .....	3
<b>1.3.2. Objetivos específicos</b> .....	3
<b>1.4. Hipótesis</b> .....	3
<b>1.5. Justificación</b> .....	4
<b>Capítulo 2: Marco Teórico</b> .....	5
<b>2.1. Situación de la infraestructura en Perú</b> .....	5
<b>2.2. Concesiones en el Perú</b> .....	7
<b>2.3. Conservación y mantenimiento de vías</b> .....	8
<b>2.3.1. Nivel de Servicio</b> .....	11
<b>2.3.2. Normas peruanas</b> .....	14
<b>2.4. Indicadores de calidad en pavimentos de carreteras</b> .....	14
<b>2.4.1. Ratio de Serviciabilidad Presente (PSR)</b> .....	15
<b>2.4.2. Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)</b> .....	16
<b>2.5. Índice de Regularidad Internacional</b> .....	18
<b>2.5.1. Métodos de medición de IRI</b> .....	21
<b>2.6. Nivel de Servicio Global (NSG)</b> .....	23
<b>Capítulo 3: Metodología</b> .....	25
<b>3.1. Objeto de estudio</b> .....	25
<b>3.2. Tipo de estudio</b> .....	25
<b>3.3. Encuestas de percepción a los usuarios</b> .....	26
<b>3.3.1. Población y muestra</b> .....	26
<b>3.3.2. Técnicas de recolección y procesamiento de datos</b> .....	27
<b>3.4. Evaluaciones de niveles de servicio a la concesión</b> .....	28
<b>3.4.1. Evaluación funcional del pavimento</b> .....	29
<b>3.4.2. Evaluación de Nivel de Servicio Global</b> .....	31
<b>Capítulo 4: Resultados</b> .....	35
<b>4.1. Evaluación funcional del pavimento</b> .....	35
<b>4.1.1. Tramo Mocupe - Chiclayo: Calzada Creciente (Carril 1 y 3)</b> .....	35

4.1.2.    Tramo Ovalo Mocupe – Ovalo Paita: Calzada Decreciente (Carril 2 y 4) .....	45
4.2.    Niveles de Servicio Global .....	57
4.3.    Encuestas de confortabilidad .....	59
Capítulo 5: Análisis de Resultados .....	64
5.1.    Confortabilidad de la vía .....	65
5.2.    Estado de la infraestructura vial .....	67
Capítulo 6: Conclusiones y Recomendaciones .....	70
6.1.    Conclusiones .....	70
6.2.    Recomendaciones .....	71
REFERENCIAS .....	73



## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Parámetros de medición de Niveles de Servicio .....	12
<b>Tabla 2</b> Escalas de Nivel de Servicio .....	13
<b>Tabla 3</b> Escala de calificación de la serviciabilidad.....	18
<b>Tabla 4</b> Sectores sorteados para la evaluación de Niveles de Servicio .....	31
<b>Tabla 5</b> Recursos humanos y de equipos para la medición de Niveles de Servicio .....	32
<b>Tabla 6</b> Coeficientes de Ponderación para los elementos de la Autopista del Sol .....	33
<b>Tabla 7</b> Calculo del NSG de un tramo de la Autopista del Sol .....	33
<b>Tabla 8</b> Nivel de Servicio Global requerido para la Concesión Autopista del Sol .....	34
<b>Tabla 9</b> Parámetros Estadísticos del Carril Izquierdo – Creciente del Tramo Mocupe - Chiclayo.....	37
<b>Tabla 10</b> Resumen Parámetros Estadísticos del Carril Izquierdo - Creciente del Tramo Mocupe - Chiclayo .....	37
<b>Tabla 11</b> Parámetros Estadísticos del Carril Derecho – Creciente del Tramo Mocupe - Chiclayo .....	39
<b>Tabla 12</b> Resumen de Parámetros Estadísticos del Carril Derecho – Creciente del Tramo Mocupe - Chiclayo .....	39
<b>Tabla 13</b> Parámetros Estadísticos del Tramo Chiclayo – Mocupe en sentido creciente .....	41
<b>Tabla 14</b> Índice de Serviciabilidad por sector homogéneo del Tramo Chiclayo – Mocupe en sentido creciente .....	42
<b>Tabla 15</b> Resumen Estadístico IRI Media Deslizante – Carril Creciente .....	43
<b>Tabla 16</b> Parámetros Estadísticos del Carril Izquierdo – Decreciente del Tramo Mocupe - Chiclayo .....	47
<b>Tabla 17</b> Resumen Parámetros Estadísticos del Carril Izquierdo - Decreciente del Tramo Mocupe - Chiclayo .....	47
<b>Tabla 18</b> Parámetros Estadísticos del Carril Derecho – Decreciente del Tramo Mocupe - Chiclayo .....	50
<b>Tabla 19</b> Resumen de Parámetros Estadísticos del Carril Derecho – Decreciente del Tramo Mocupe - Chiclayo .....	50
<b>Tabla 20</b> Parámetros Estadísticos del Tramo Chiclayo – Mocupe en sentido decreciente .....	53
<b>Tabla 21</b> Índice de Serviciabilidad por sector homogéneo del Tramo Chiclayo – Mocupe en sentido decreciente .....	54
<b>Tabla 22</b> Resumen Estadístico IRI Media Deslizante – Carril Decreciente.....	55
<b>Tabla 23</b> Nivel de Servicio del tramo Mocupe - Reque .....	58
<b>Tabla 24</b> Nivel de Servicio del tramo Reque - Chiclayo.....	58
<b>Tabla 25</b> Sentido de circulación de los usuarios encuestados .....	59
<b>Tabla 26</b> Velocidad de circulación de los usuarios encuestados.....	61
<b>Tabla 27</b> Calificación de la comodidad de manejo por parte de los usuarios encuestados.....	62
<b>Tabla 28</b> Calificación del estado de la infraestructura vial por parte de los usuarios encuestados .....	63

## Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> Inversión pública y privada en infraestructura de servicios públicos en el Perú, 1980 – 2005. Fuente: Instituto Peruano de Economía (2006).....	6
<b>Figura 2:</b> Brecha de infraestructura de corto plazo (millones de soles). Fuente: Adaptado del Ministerio de Economía y Finanzas (2019). .....	6
<b>Figura 3:</b> Deterioro e intervenciones de la carretera. Fuente: Asociación Mundial de la Carretera (2016). .....	10
<b>Figura 4:</b> Estado de la carretera y costos de operación del vehículo con el tiempo. Fuente: Adaptado de la Asociación Mundial de la Carretera (2016). .....	11
<b>Figura 5:</b> Formulario a llenar por los integrantes de los paneles del AASHO Road Test. Fuente: Adaptado de Sánchez (2014) .....	15
<b>Figura 6:</b> Comparativo de rugosidad y textura. Fuente: Almenara (2015) en base a Forslóf (2014)...	19
<b>Figura 7:</b> Escala empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías. Fuente: Adaptado de Badilla (2009). .....	21
<b>Figura 8:</b> Perfilómetro inercial de precisión. Fuente: Pradena (2006b).....	22
<b>Figura 9:</b> Esquema de un perfilómetro APL. Fuente: Sánchez & Solminihac (1989).....	22
<b>Figura 10:</b> Tipos de Niveles de Servicio. Fuente: Adaptado de Romero & Quispe (2020).....	24
<b>Figura 11:</b> Intercambio vial Desvío Paita. Fuente: COVISOL (2021).....	25
<b>Figura 12:</b> Formato de encuestas de percepción. Fuente: Elaboración propia .....	28
<b>Figura 13:</b> Perfilómetro Laser MK-IV. Fuente: Dynatest (2020) .....	29
<b>Figura 14:</b> Definición de carriles del Tramo Mocupe - Chiclayo. Fuente: Adaptado de OSITRAN (2020). .....	30
<b>Figura 15:</b> Distribución IRI Carril Izquierdo-Creciente del Tramo Mocupe - Chiclayo (Km 748+500 – Km 764+920). Fuente: OSITRAN (2019b). .....	36
<b>Figura 16:</b> Distribución IRI Carril Derecho-Creciente del Tramo Mocupe - Chiclayo (Km 748+500 – Km 764+920). Fuente: OSITRAN (2019b). .....	38
<b>Figura 17:</b> Sectorización IRI de los carriles en sentido creciente del Tramo Mocupe - Chiclayo (Km 748+500 – Km 764+920). Fuente: OSITRAN (2019b). .....	40
<b>Figura 18:</b> Distribución del IRI Media Deslizante en los carriles creciente del Tramo Mocupe - Chiclayo (Km 748+500 – Km 764+920). Fuente: OSITRAN (2019b). .....	44
<b>Figura 19:</b> Distribución IRI Carril Izquierdo-Decreciente del Tramo Mocupe - Chiclayo (Km 748+500 – Km 764+920). Fuente: OSITRAN (2019b). .....	46
<b>Figura 20:</b> Distribución IRI Carril Derecho-Decreciente del Tramo Mocupe - Chiclayo (Km 748+500 – Km 764+920). Fuente: OSITRAN (2019b). .....	49
<b>Figura 21:</b> Sectorización IRI de los carriles en sentido decreciente del Tramo Mocupe - Chiclayo (Km 748+500 – Km 764+920). Fuente: OSITRAN (2019b).....	52
<b>Figura 22:</b> Distribución del IRI Media Deslizante en los carriles decreciente del tramo Mocupe - Chiclayo (Km 748+500 – Km 764+920). Fuente: OSITRAN (2019b). .....	56
<b>Figura 23:</b> Realización de encuesta. Fuente: Propia. ....	60
<b>Figura 24:</b> Realización de encuesta. Fuente: Propia. ....	60
<b>Figura 25:</b> Distribución de velocidades de circulación de usuarios encuestados. Fuente: Propia. ....	61
<b>Figura 26:</b> Distribución de calificación del confort y comodidad de manejo por parte de los usuarios. Fuente: Propia. ....	62
<b>Figura 27:</b> Distribución de calificación del estado de la infraestructura vial por parte de los usuarios. Fuente: Propia .....	63

## Índice de Ecuaciones

<b>Ecuación 1:</b> Calculo del PSI para pavimentos asfálticos propuesto en el AASHO Road Test.....	16
<b>Ecuación 2:</b> Calculo del PSI para pavimentos rígidos propuesto en el AASHO Road Test.....	16
<b>Ecuación 3:</b> Calculo del PSI propuesto por Paterson.....	17
<b>Ecuación 4:</b> Calculo del tamaño muestral para una población infinita .....	26



## Capítulo 1: Planteamiento del Problema

### 1.1. Introducción

Las carreteras son de suma relevancia para contribuir con el desarrollo del país. Su objetivo es lograr la interconexión de las distintas ciudades y centros poblados de todas las regiones del país para impulsar el desarrollo de las comunidades más lejanas. Asimismo, estas vías deben permanecer en buen estado para que permitan el correcto tránsito vehicular en ellas. Debido al constante flujo vehicular, condiciones climáticas y otros factores sobre la vía, esta tiende a presentar daños y desgaste con el paso del tiempo. Es por ello que se deben ejecutar las tareas de mantenimiento cuando el uso de la carretera pueda poner en riesgo la seguridad y el bienestar del usuario, así como la durabilidad de los componentes de la carretera (Federal Highway Administration, 2000, citado en Sánchez, 2014). El mantenimiento rutinario y periódico debe darse tanto para el pavimento, como para los bienes que involucran el correcto funcionamiento de la vía; tales como calzadas, bermas, derecho de vía, puentes, alcantarillas y elementos de seguridad vial.

La conservación de la infraestructura vial puede estar a cargo de un contratista conservador o de una empresa concesionaria. En el primer caso, el contratista conservador se encarga de dichas tareas por un periodo de tiempo a cambio de un monto acordado con el Estado, este servicio puede incluir la gestión y mejoramiento de la vía según el tipo de contrato. En el segundo caso, la empresa concesionaria se encarga de la gestión de la inversión, operación y conservación de la vía a cambio de la concesión de la misma. En ese sentido, la concesión se define como “el acto administrativo por el cual el Estado, con el objeto que el concesionario realice determinadas obras y/o servicios, le otorga el aprovechamiento de una obra a un concesionario para la prestación de un servicio público” (Nalvarte, 2017, p. 363).

Las tareas de conservación tienen como finalidad mantener el buen estado de la infraestructura vial; es decir, un nivel de servicio óptimo para los usuarios. En ese sentido, el MTC (2018) define los niveles de servicio como indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que se emplean como límites permisibles hasta los cuales se acepta su condición superficial, funcional, estructural y de seguridad.

En ese sentido, de acuerdo con el MTC (2015) en el Perú hay dieciséis (16) concesiones de infraestructura vial, todas estas son supervisadas, reguladas y fiscalizadas por el Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (OSITRAN), en representación del Estado Peruano. A su vez, OSITRAN realiza, a través de consultorías de ingeniería, evaluaciones del nivel de servicio en cada concesión; y se compara el nivel de servicio hallado con el nivel de servicio exigido en el contrato de concesión, con el fin de determinar si la empresa concesionaria está cumpliendo, o no, con la ejecución de las tareas de conservación.

## **1.2. Preguntas de investigación**

### **1.2.1. Pregunta general**

¿Qué tan conformes están los usuarios de una vía concesionada con el nivel de servicio que esta presta?

### **1.2.2. Preguntas específicas**

- ¿Cómo afecta la rugosidad en la sensación de confort por parte de los usuarios del tramo Mocupe - Chiclayo de la concesión Autopista del Sol?
- ¿Cómo influye el estado de los bienes de una vía; es decir, el estado de las calzadas, bermas, derecho de vía, puentes, alcantarillas y elementos de seguridad vial, en la sensación de calidad y seguridad por parte de los usuarios del tramo Mocupe - Chiclayo de la concesión Autopista del Sol?

- ¿Cuál es la percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio que ofrece el tramo Mocupe - Chiclayo de la concesión Autopista del Sol?

### **1.3. Objetivos de investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Comparar el nivel de servicio prestado por una concesión vial, de acuerdo a la Evaluación Funcional del Pavimento y a la Evaluación por Niveles de Servicio Globales, con el nivel de servicio percibido por los usuarios de la vía.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar la incidencia de la rugosidad en la sensación de confort por parte de los usuarios del tramo Mocupe - Chiclayo de la concesión Autopista del Sol.
- Identificar la influencia del estado de los bienes de la infraestructura vial en la sensación de calidad y seguridad por parte de los usuarios del tramo Mocupe - Chiclayo de la concesión Autopista del Sol.
- Determinar, según la percepción a los usuarios, el nivel de servicio que ofrece el tramo Mocupe - Chiclayo de la concesión Autopista del Sol.

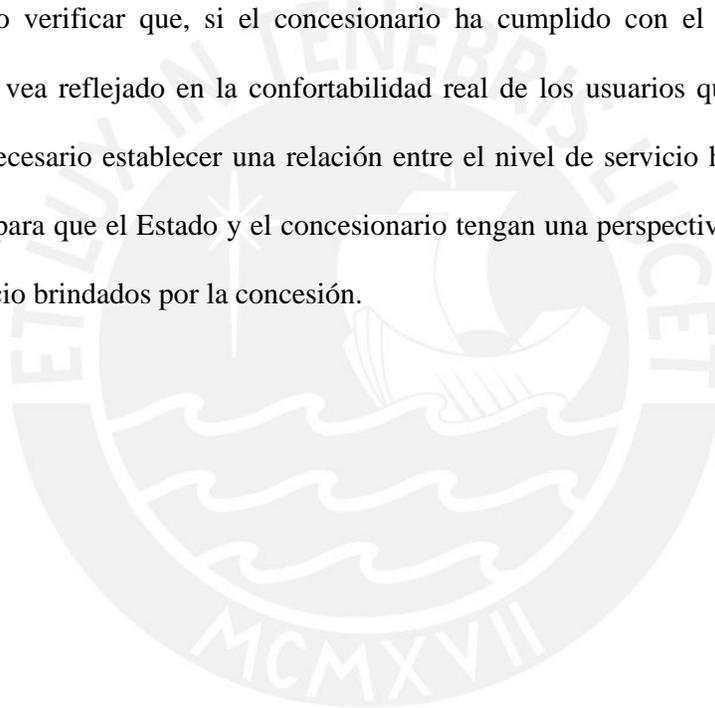
### **1.4. Hipótesis**

- Los valores de rugosidad dentro del umbral permitido refieren una sensación de confort de los usuarios del tramo Mocupe - Chiclayo de la concesión Autopista del Sol.
- El buen estado de los bienes de una vía indica una sensación de calidad y seguridad de los usuarios del tramo Mocupe - Chiclayo de la concesión Autopista del Sol.
- Los usuarios perciben con conformidad el nivel de servicio que ofrece el tramo Mocupe - Chiclayo de la concesión Autopista del Sol.

### **1.5. Justificación**

La conservación de pavimentos “juega un papel trascendental en el nivel de servicio que experimentan los usuarios al transitar por una carretera, impulsando el desarrollo social y económico” (Limón & Espinosa, 2017, p. 1). Es por ello que el Estado debe fiscalizar permanentemente que los concesionarios cumplan con los niveles de servicio exigidos en los contratos.

El objetivo de los trabajos de conservación es beneficiar a los usuarios. Por lo tanto, resulta necesario verificar que, si el concesionario ha cumplido con el nivel de servicio exigido, este se vea reflejado en la confortabilidad real de los usuarios que utilizan la vía. Asimismo, es necesario establecer una relación entre el nivel de servicio hallado objetiva y subjetivamente para que el Estado y el concesionario tengan una perspectiva diferente de los niveles de servicio brindados por la concesión.



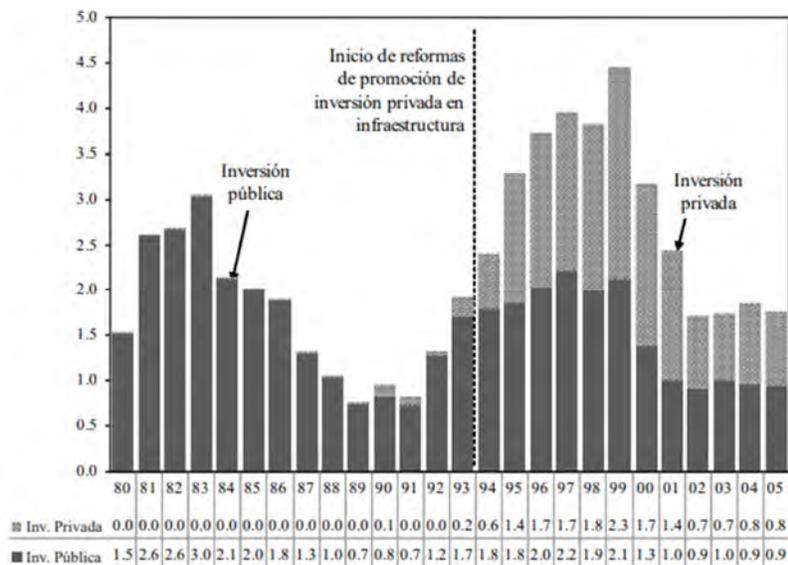
## Capítulo 2: Marco Teórico

### 2.1. Situación de la infraestructura en Perú

Hasta los años noventa, la construcción y mantenimiento de infraestructura era asumida íntegramente por el Estado. El déficit de infraestructura y el deterioro de la existente evidenciaban la falta de intervención por parte del Estado, el cual afrontaba una severa crisis económica y de extrema violencia en el país.

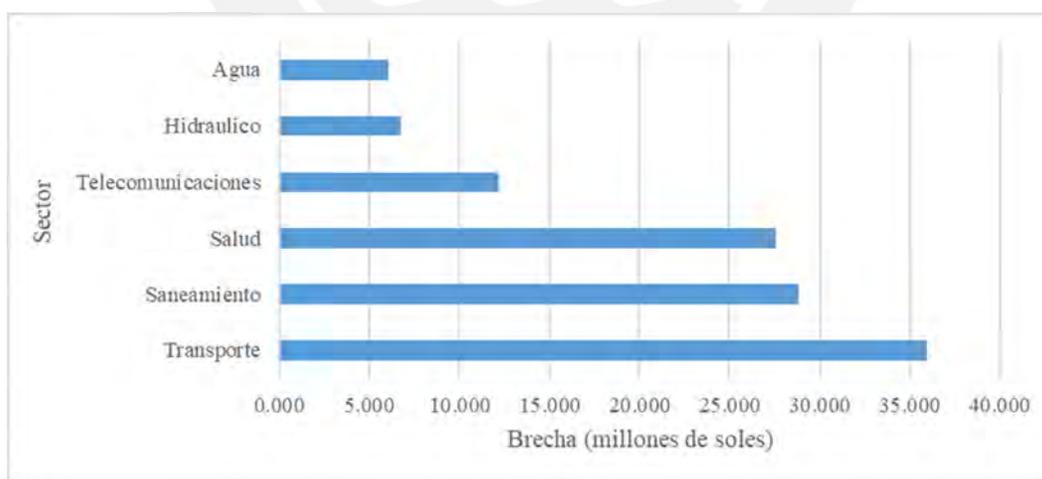
El caso de la infraestructura vial no era ajeno a la realidad del país. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (2002) hacia 1990 solo un 8% de las carreteras se encontraban en buen estado, un 16% en estado regular y el 76% restante en un proceso de deterioro acelerado.

Frente a esta situación crítica, en el año 1991, se publica el Decreto Legislativo N° 758 – Ley para la Promoción de la Inversión Privada en Infraestructura de Uso Público, el cual se considera el primer intento para impulsar la entrega de concesiones de infraestructura pública (Nalvarte, 2017). Es así que se estimula la participación de inversores privados en el desarrollo de infraestructura mediante procesos de privatización. Con el tiempo, capitales privados invirtieron considerables cantidades de dinero en infraestructura, lo que ayudó en el crecimiento económico del país. Estas inversiones se dieron en infraestructura de servicios saneamiento, telecomunicaciones, transporte y energía.



**Figura 1:** Inversión pública y privada en infraestructura de servicios públicos en el Perú, 1980 – 2005. Fuente: Instituto Peruano de Economía (2006).

En la actualidad, pese a la mejora de la inversión en la infraestructura nacional, aún se mantiene un déficit considerable en infraestructura de acceso básico. Según el MEF (2019), dicha brecha asciende a más de 117 mil millones de soles para alcanzar niveles de acceso básico en infraestructura que debería tener el Perú.



**Figura 2:** Brecha de infraestructura de corto plazo (millones de soles). Fuente: Adaptado del Ministerio de Economía y Finanzas (2019).

## 2.2. Concesiones en el Perú

La estimulación de la economía mediante el Decreto Legislativo N° 758, trajo consigo un sistema de concesiones. De acuerdo con el MTC (2015), las concesiones consisten en transferir la responsabilidad de ejecutar (construir, mejorar y/o rehabilitar) obras de infraestructura a empresas privadas, a cambio del derecho de explotar dicha infraestructura por un periodo de tiempo. Terminado dicho plazo, la infraestructura pasa en su totalidad a manos del Estado.

Con el paso de los años, distintas empresas obtuvieron la concesión de infraestructura. OSITRAN (2018b) señala que, en la actualidad, se tienen 32 concesiones en infraestructura de transporte, lo que incluye infraestructura vial, ferroviaria, portuaria, aeroportuaria y de hidrovía en diferentes puntos del país. Como algunos ejemplos se puede mencionar el caso de Lima Airport Partners (LAP), de GyM Ferrovías o de DP World Callao.

En lo que respecta a infraestructura vial, en la actualidad existen dieciséis (16) concesiones viales distribuidas en todo el país. Estas fueron otorgadas a distintas concesionarias bajo dos distintas modalidades: cofinanciadas y autosostenibles. Zúñiga (2016) explica el concepto de concesiones cofinanciadas como aquellas que requieren que el Estado realice aportes que permitan cubrir parcialmente los costos asociados a la ejecución de las obras. Ello se debe a que la operación del proyecto por sí solo no asegura una adecuada rentabilidad como para justificar la inversión privada. Asimismo, se entiende por concesiones autosostenibles como aquellas que no necesitan de los aportes del Estado para financiar la realización de las obras, esto se debe a que su explotación resulta rentable para la empresa concesionaria. Las concesiones viales en el Perú se muestran en el **Anexo A. Concesiones otorgadas en infraestructura vial en el Perú.**

### **2.3. Conservación y mantenimiento de vías**

La construcción de nuevas vías es tan importante como la correcta conservación de las ya existentes. Una carretera en mal estado pierde el objetivo fundamental por el que fue construida, el cual es ofrecer vías de comunicación rápidas, seguras y de calidad a los usuarios. Es por ello que el no realizar el mantenimiento oportunamente causará el deterioro de la condición de la vía, y, por consiguiente, la mala calidad y sobre costo de todos los servicios que involucran el uso de la misma.

Los aspectos más influyentes en la degradación de las vías tienen que ver principalmente con las condiciones climáticas y el tránsito vehicular. El clima puede someter a la infraestructura a muy altas o muy bajas temperaturas en periodos muy cortos, así como la intensidad o ausencia de precipitaciones pueden afectar la vía o su entorno. La frecuencia y características de los vehículos que transitan por la vía también pueden afectar la estructura del pavimento. Es por ello que debe tomarse en consideración el flujo de vehículos circulantes, características y su peso bruto.

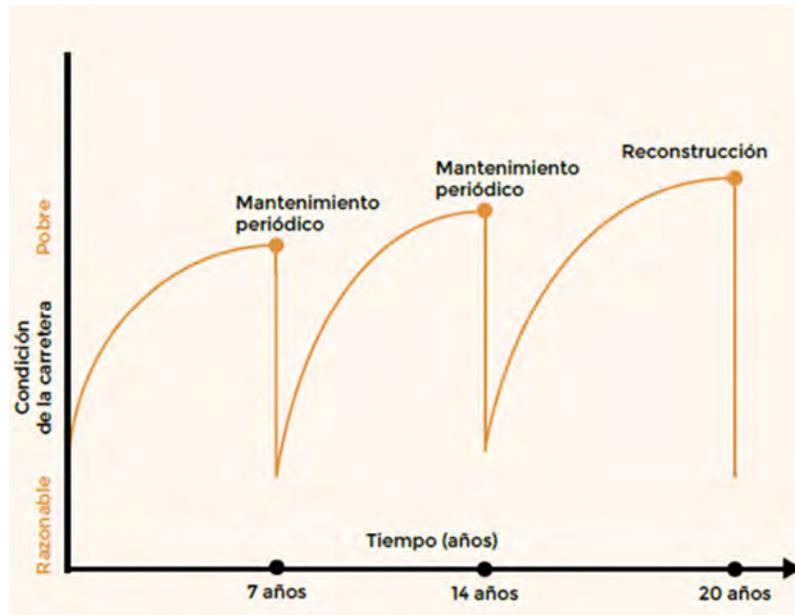
Según la Asociación Mundial de la Carretera (2016) la conservación de vías se refiere a la combinación de procedimientos y recursos para gestionar la condición de la carretera, acercándose lo más posible a las condiciones del diseño original. De esta manera, se espera prolongar la vida útil de la vía y reducir al mínimo la necesidad de realizar intervenciones estructurales importantes.

El Instituto Peruano de Economía (2006) recalca la importancia del mantenimiento oportuno de carreteras haciendo referencia a la investigación del World Development Report de 1994; si se hubieran invertido 12 mil millones de dólares en el mantenimiento periódico de redes viales africanas en la década de los 80, se habría podido prevenir la necesidad de

invertir 45 mil millones de dólares en la reconstrucción de las mimas a mediados de los años 90.

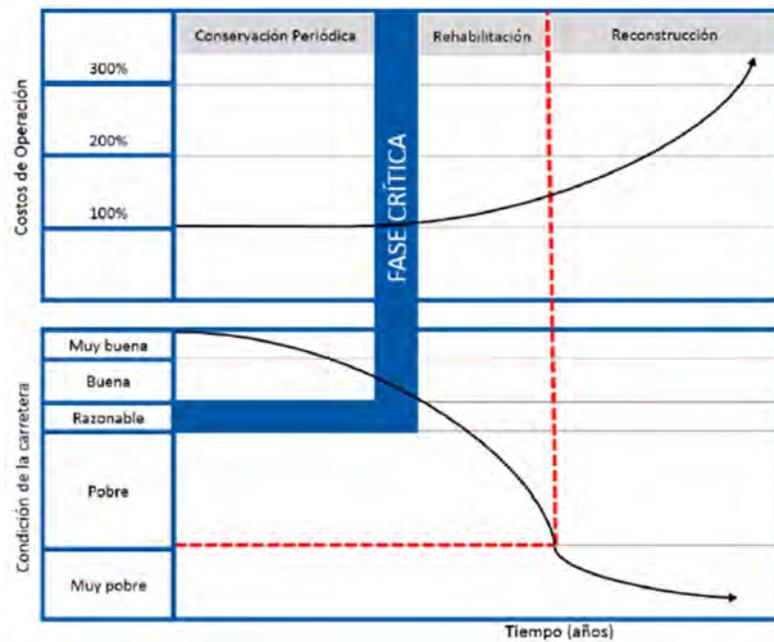
En la misma línea, Bull (2002) indica que un correcto mantenimiento a la vía evita sobrecostos de operación en el transporte, el cual puede llegar a situarse entre el 1 y 3% del PBI. Del mismo modo, la Asociación Mundial de la Carretera (2016) menciona que un correcto mantenimiento de la vía disminuye el riesgo de ocurrencia de accidentes en carreteras, el cual puede llegar a costar hasta un 3% del PBI.

El MTC (2018) indica que el mantenimiento de vías comprende una serie de actividades a realizarse durante la vida útil de la misma. Estas intervenciones de mantenimiento se pueden clasificar en dos: mantenimiento rutinario y mantenimiento periódico. Por un lado, el mantenimiento rutinario se realiza durante el transcurso de un año a fin de evitar el inicio del deterioro de la vía. Algunas de las actividades consisten en la limpieza de la calzada, bermas, cunetas, control de vegetación, bacheo superficial, reparación o limpieza de señalización vertical, pintada o limpieza de señalización horizontal, etc. Por otro lado, el mantenimiento periódico se realiza, por lo general, en periodos de un año a más con el objetivo de prevenir la ocurrencia o agravamiento del deterioro de la vía. Algunas de las actividades consisten en la colocación de capas de refuerzo en el pavimento, reposición de afirmados, tratamiento de fisuras, parchado, reposición de señales verticales y horizontales, etc.



**Figura 3:** Deterioro e intervenciones de la carretera. Fuente: Asociación Mundial de la Carretera (2016).

Estas actividades se realizan, ya sea rutinaria o periódicamente, para evitar, en el largo plazo, la realización de actividades considerablemente más costosas, como la rehabilitación o reconstrucción del pavimento. La rehabilitación implica la modificación del revestimiento estructural del pavimento y la reconstrucción implica sustituir, parcial o totalmente, la estructura del pavimento.



**Figura 4:** Estado de la carretera y costos de operación del vehículo con el tiempo. Fuente: Adaptado de la Asociación Mundial de la Carretera (2016).

### 2.3.1. Nivel de Servicio

Los niveles de servicio son “indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales puede evolucionar su condición superficial, funcional, estructural y de seguridad” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 39).

Con la llegada de las concesiones viales, se implementó una novedosa forma de gestión de la conservación vial por resultados, mediante la evaluación continua de los niveles de servicio. Es decir, el pago a las empresas conservadoras se da si es que estos cumplen con los estándares de calidad admisibles y no por las actividades ejecutadas. Ello representó un cambio significativo en la gestión de la conservación vial del país, ya que se prestó mayor énfasis en disponer de indicadores de medición que se alinearan con las necesidades de los usuarios (comodidad, seguridad, oportunidad y economía) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Obando (2007) recalca que el parámetro de mayor relevancia para la medición de niveles de servicio es el Índice de Regularidad Internacional (IRI), debido a que es el que mejor representa la calidad de una carretera en cuanto a funcionalidad. Además, menciona los indicadores y parámetros más relevantes de medición de niveles de servicio de una vía, cuya agrupación se muestra en la **Tabla 1**.

**Tabla 1**

*Parámetros de medición de Niveles de Servicio*

<b>Nivel de Servicio del elemento</b>	<b>Parámetro</b>
Nivel de Servicio de Pavimento	Parámetros de Calzada Parámetros de Bermas
Nivel de Servicio de Seguridad Vial	Parámetros de Señalización Horizontal Parámetro de Señalización Vertical Parámetros de Elementos de defensa y encarrilamiento
Nivel de Servicio de Puentes	
Nivel de Servicio de Drenajes	
Nivel de Servicio de Derecho de Vía	

Fuente: Adaptado de Obando (2007).

Del mismo modo, se pueden identificar dos escalas de niveles de servicio, estos se identifican según la **Tabla 2**.

**Tabla 2***Escalas de Nivel de Servicio*

Nivel de Servicio Individual (NSI)	Nivel de Servicio Global (NSG)
Refieren a los aspectos del estado de los elementos individuales de la infraestructura vial.	Refiere a la ponderación de los parámetros de cada elemento de la infraestructura, hallándose finalmente una cuantificación porcentual. Esta cuantificación se calcula para cada tramo y para toda la carretera.

Fuente: Adaptado de Romero & Quispe (2020)

La implementación de los contratos de conservación por niveles de servicio se inició con la primera concesión otorgada en 1994, con la carretera Arequipa – Matarani, la cual fue entregada a la concesionaria CONCAR S.A. En dicho contrato, sólo se incluyó cuatro (04) parámetros de condición de Nivel de Servicio, todos referidos a la condición de la superficie de rodadura (Obando, 2007).

La segunda concesión vial no fue otorgada sino hasta el 2003, donde se otorgó la concesión Ancón – Pativilca a la concesionaria NORVIAL S.A. En dicho contrato, se incrementó de cuatro (04) a once (11) parámetros de condición de Nivel de Servicio, aun todos ellos referidos a la condición superficial del pavimento (Obando, 2007).

Con el paso del tiempo, se incrementó la cantidad de parámetros de condición del Nivel de Servicio de las siguientes concesiones, llegando a tener hasta 200 parámetros. Asimismo, se buscó uniformizar la cantidad y límites admisibles de los mismos (Obando, 2007).

En la actualidad, OSITRAN supervisa el cumplimiento de los niveles de servicio de las carreteras concesionadas para determinar si estas se mantienen dentro de los umbrales establecidos. En ese sentido, OSITRAN (2018a) publicó un documento administrativo donde

se realiza un análisis del estado de las carreteras concesionadas en el país, siendo objeto de estudio el nivel de servicio prestado por las concesiones durante el año 2017. Los resultados se muestran en el **Anexo B. Niveles de Servicio de carreteras concesionadas de acuerdo a evaluaciones del 2017.**

### **2.3.2. Normas peruanas**

El Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial es un conjunto de documentos técnicos que tiene por finalidad brindar los lineamientos para programar, presupuestar, ejecutar y controlar las actividades de conservación vial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Si bien es cierto que en los contratos de cada concesión se establecen los niveles de servicio admisibles, en el Manual de Carreteras se detalla los distintos procesos y umbrales mínimos o recomendados, que las empresas concesionarias o conservadoras deben mantener para asegurar un adecuado nivel de servicio en las vías.

### **2.4. Indicadores de calidad en pavimentos de carreteras**

Entre los años 1950 y 1960, se desarrolló la AASHO Road Test. Esta prueba fue realizada y patrocinada por la American Association of State Highway Officials (AASHTO) como un estudio del comportamiento y capacidad de pavimentos rígidos y flexibles bajo cargas de magnitud y frecuencia conocida (Highway Research Board, 1962).

Hasta la realización del AASHO Road Test, no existía en la comunidad una definición consensuada de cómo se debía calificar la serviciabilidad que ofrecía un pavimento. Es así que se introduce el concepto de serviciabilidad durante el desarrollo de la AASHO Road Test como la habilidad de un pavimento de proveer un manejo seguro y confortable a los usuarios (Dujisin & Arroyo, 1995).

Con el propósito de cuantificar la calidad de servicio brindado por una vía, se seleccionaron 138 secciones de carreteras con pavimentos asfálticos y de concreto en diferentes estados de Estados Unidos. Estos se evaluaron de tres maneras: mediante la evaluación subjetiva de un panel de expertos, mediante la evaluación subjetiva de un panel de usuarios ajenos a la ingeniería vial y mediante mediciones objetivas de ciertas características superficiales del pavimento (Sánchez, 2014)

#### 2.4.1. Ratio de Serviciabilidad Presente (PSR)

El Ratio de Serviciabilidad Presente (PSR) hace referencia a la cuantificación de la serviciabilidad que presenta una vía mediante una evaluación subjetiva. Esta cuantificación se da en una escala del 0 al 5, donde el 0 corresponde a una carretera intransitable y el 5 una carretera en perfecto estado. En el AASHO Road Test, se evaluó subjetivamente a 138 secciones de carreteras de pavimentos asfálticos y de hormigón. Esta evaluación estuvo a cargo de un grupo de expertos y de un grupo de usuarios ajenos a la ingeniería vial.

Acceptable?		5	Very Good
Yes	<input type="checkbox"/>	4	Good
No	<input type="checkbox"/>	3	Fair
Undecided	<input type="checkbox"/>	2	Poor
		1	Very Poor
		0	
Section Identification _____ Rating			
Rater _____ Date _____ Time _____ Vehicle			

**Figura 5:** Formulario a llenar por los integrantes de los paneles del AASHO Road Test. Fuente: Adaptado de Sánchez (2014)

La calificación de los integrantes de cada panel se promedió a fin de obtener el Ratio de Serviciabilidad Presente (PSR) de cada sección, luego se comparó el PSR de cada grupo y se determinó que las evaluaciones por parte del grupo de usuarios eran muy similares a las

calificaciones otorgadas por el grupo de expertos. De igual manera, los resultados indicaron que se consideraba como aceptable el estado del pavimento cuando el PSR estaba por encima de 3.0 y que se consideraba inaceptable cuando el PSR era igual o menor a 2.5. Además, todos los evaluadores coincidieron en que un PSR de 1.5 representaba un estado absolutamente inaceptable para que circulen los vehículos (Sánchez, 2014).

#### 2.4.2. Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

El PSI hace referencia a la cuantificación de la serviciabilidad que presenta una vía mediante una evaluación objetiva. En el AASHO Road Test, un equipo de ingenieros realizó evaluaciones en el pavimento de las 138 secciones de estudio, las mismas en las que se había determinado previamente el PSR. Sánchez (2014) indica que las evaluaciones consistían en la medición de las irregularidades del perfil del pavimento, los ahuellamientos y las magnitudes de las áreas agrietadas y parchadas. Además, tomando como variables los resultados de las mediciones, se generaron ecuaciones que produjeran resultados coincidentes con las calificaciones de PSR obtenidos de la evaluación subjetiva.

Para pavimentos asfálticos, la ecuación obtenida se muestra en la **Ecuación 1**.

$$PSI = 5.03 - 1.91 \log(1 + SV) - 1.38 RD^2 - 0.01 \sqrt{C + P}$$

**Ecuación 1:** Cálculo del PSI para pavimentos asfálticos propuesto en el AASHO Road Test

Para pavimentos rígidos, la ecuación obtenida se muestra en la **Ecuación 2**.

$$PSI = 5.41 - 1.78 \log(1 + SV) - 0.09 \sqrt{C + P}$$

**Ecuación 2:** Cálculo del PSI para pavimentos rígidos propuesto en el AASHO Road Test

Donde:

SV: varianza de la pendiente longitudinal o rugosidad

C: superficie agrietada

P: área bachada

RD: profundidad del ahuellamiento

De la **Ecuación 1** y **Ecuación 2**, se desprende que el término correspondiente al parámetro SV (varianza de pendiente longitudinal o también llamado rugosidad) es el que incide de manera más significativa sobre el resultado. Por ejemplo, si se compara dos pavimentos con el mismo valor de SV, pero uno sin grietas ni parches y el otro con gran cantidad de ellos, la diferencia sería solo de 0.3 entre ambos PSI. Esto no significa que los demás parámetros (agrietamiento, baches y ahuellamientos) no sean importantes, ya que ellos también pueden afectar la regularidad del perfil longitudinal (Sánchez, 2014).

El AASHO Road Test estableció que el valor de la varianza de pendiente longitudinal “SV” (rugosidad) es el componente de mayor relevancia en el cálculo del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI). A raíz de ello, una gran cantidad de expertos en ingeniería vial desarrolló ecuaciones simplificadas en las que el PSI se relaciona únicamente con el valor de la rugosidad. La ecuación más reconocida es la desarrollada por Paterson en 1987:

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

**Ecuación 3:** Cálculo del PSI propuesto por Paterson

Donde:

IRI: Índice de Regularidad Internacional (m/km)

**Tabla 3***Escala de calificación de la serviciabilidad*

Calificación		Descripción
Númerica	Verbal	
5.0 a 4.0	Muy buena	Pavimentos nuevos y sin deterioro.
4.0 a 3.0	Buena	Pavimentos que muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial.
3.0 a 2.0	Regular	La calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y pueden presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Se presenta deterioro superficial.
2.0 a 1.0	Mala	El deterioro está presente en 50% o más de la superficie.
1.0 a 0.0	Muy mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro.

Fuente: Adaptado de AASHTO (1962)

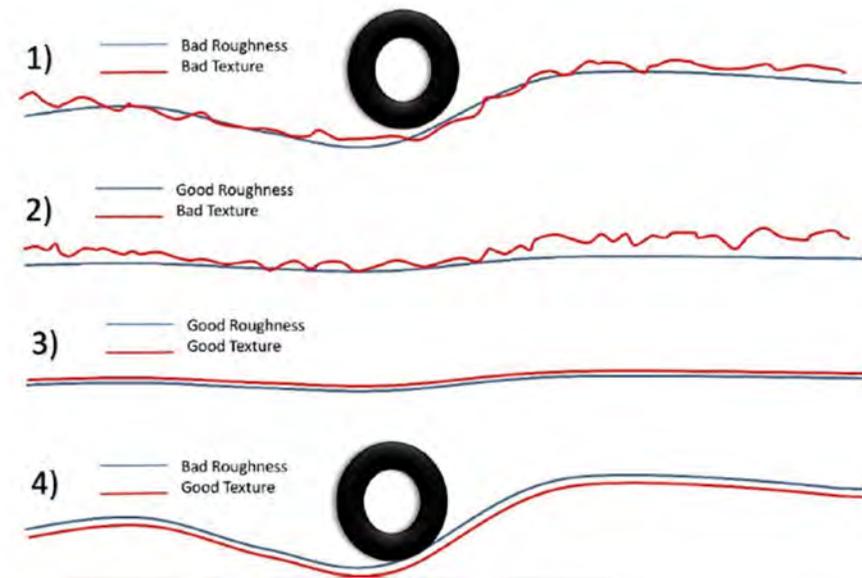
## 2.5. Índice de Regularidad Internacional

Se puede reconocer principalmente dos tipos de evaluaciones de pavimentos, “la evaluación estructural (relacionada con la capacidad que tiene el pavimento para soportar las cargas de los vehículos) y la evaluación funcional (relacionada directamente con la percepción del usuario al usar dicha vía)” (Badilla, 2009, p. 2).

En cuanto a la evaluación funcional, la regularidad de la superficie posibilita la identificación de condiciones de seguridad y confort para los usuarios, es por ello que muchos países utilizan el IRI como el principal indicador de confort y seguridad de los usuarios (Badilla, 2009).

El IRI es usado para hacer referencia a la regularidad superficial característica de un pavimento. El término “regularidad” es también denominado por diversos autores como “rugosidad” debido a la traducción exacta del vocablo en inglés “roughness”, terminología usada en el ámbito internacional.

La rugosidad y textura son dos parámetros que muchas personas suelen confundir. Mientras que la rugosidad es la desviación acumulada de la superficie del pavimento, la textura es la corrugación de la capa de rodadura del pavimento. Estas últimas pueden clasificarse en micro texturas (corrugaciones finas) y macro texturas (corrugaciones gruesas) (Forslöf, 2014).



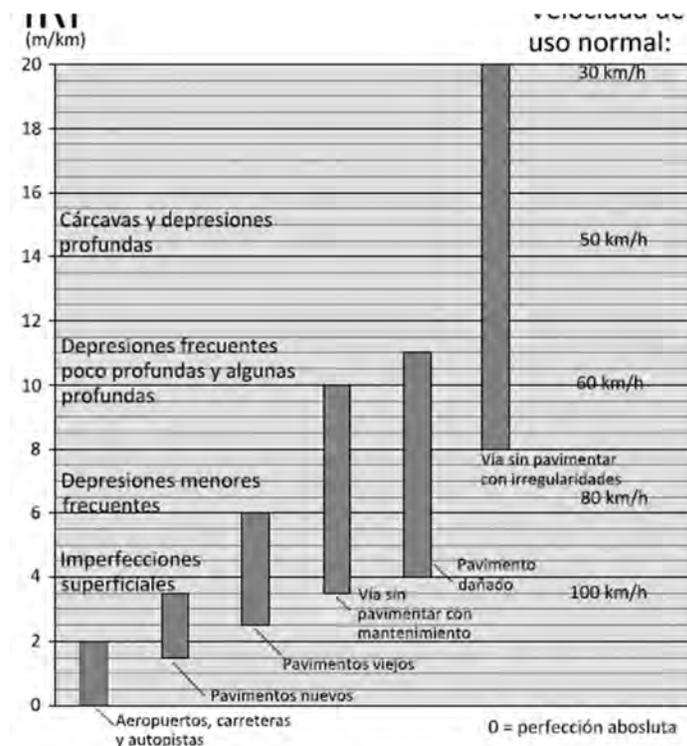
**Figura 6:** Comparativo de rugosidad y textura. Fuente: Almenara (2015) en base a Forslöf (2014)

Según Badilla (2009), el IRI surgió con la finalidad de homologar las diferentes metodologías utilizadas en diferentes partes del mundo para medir la regularidad superficial del pavimento. Esto debido que, hasta la década de los setentas, no era posible comparar los datos de regularidad superficial de las carreteras de distintos países, e incluso de un mismo país, ya que estos eran determinados con diferentes equipos y métodos. Es por ello que, en 1982 el Banco Mundial promocionó en Brasil el proyecto “International Road Roughness Experiment”. Este proyecto consistía en realizar mediciones controladas de la regularidad superficial a un número de carreteras en diferentes condiciones, utilizando diversos instrumentos y métodos. Desde entonces, se optó por un único parámetro de medición de la

regularidad superficial, llamado Índice de Regularidad Superficial (International Roughness Index).

El IRI se calcula mediante una operación matemática con las cotas de una línea del perfil longitudinal obtenidas por un equipo certificado, por lo que este parámetro no considera el perfil transversal. Asimismo, el IRI es calculado a partir de un solo perfil como la variación acumulada del movimiento entre el largo del perfil, por lo que el IRI resultara expresado mediante el Sistema Internacional como m/km (metro por kilómetro) o del Sistema Ingles in/mi (pulgada por milla) (Pradena, 2006a).

Según Badilla (2009), para vías pavimentadas el IRI fluctúa entre el rango de 0 a 12 mm/m, donde cero (0) refiere una superficie totalmente uniforme y doce (12) un pavimento intransitable; mientras que para vías no pavimentadas el rango de IRI se extiende hasta el valor de (20). Desde un punto de vista constructivo, es sumamente difícil que una carretera recién construida alcance un valor inicial de IRI igual a cero (0), ello involucraría la perfección de los procesos constructivos. Por el contrario, la regularidad superficial se modifica lentamente con el paso del tiempo debido al flujo de vehículos y efectos del clima.



**Figura 7:** Escala empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías.

Fuente: Adaptado de Badilla (2009).

### 2.5.1. Métodos de medición de IRI

En 1986, el Banco Mundial presentó una clasificación que agrupa a los métodos de medición y cálculo del IRI. Estos métodos se agrupan según su clase.

#### 2.5.1.1. Clase 1: Perfiles de alta precisión

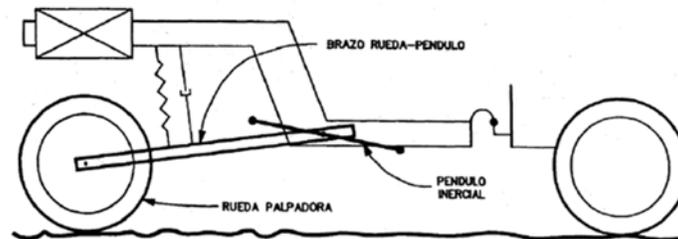
Como su mismo nombre lo indica, los métodos de clase 1 representan la forma más exacta de medición y cálculo del IRI mediante la medición precisa del perfil longitudinal del pavimento cada cierta distancia. Existe una gran variedad de equipos clasificados como Clase 1, diferenciándose principalmente en el rendimiento del equipo. Algunos de estos son: Rugosímetro Merlín, Viga TRRL, Perfilómetros Inerciales y el método topográfico (mira y nivel).



**Figura 8:** Perfilómetro inercial de precisión. Fuente: Pradena (2006b)

### 2.5.1.2. Clase 2: Otros métodos perfilométricos

Estos métodos también consisten en la medición del perfil longitudinal del pavimento, pero cuya precisión alcanzada no es la adecuada como para ser considerados de clase 1. En esta clase se incluye a los perfilómetros APL como equipos dinámicos de alto rendimiento que no necesitan importantes esfuerzos de mantenimiento o calibración.



**Figura 9:** Esquema de un perfilómetro APL. Fuente: Sánchez & Solminihac (1989)

### 2.5.1.3. Clase 3: Estimaciones mediante ecuaciones de correlación

Consiste en métodos que se basan en el uso de ecuaciones de correlación para el cálculo del IRI. Vargas & Ulate (2014) indican que en esta categoría se agrupan los equipos de respuesta: Response Type Road Roughness Measuring System (RTRRMS), que miden la

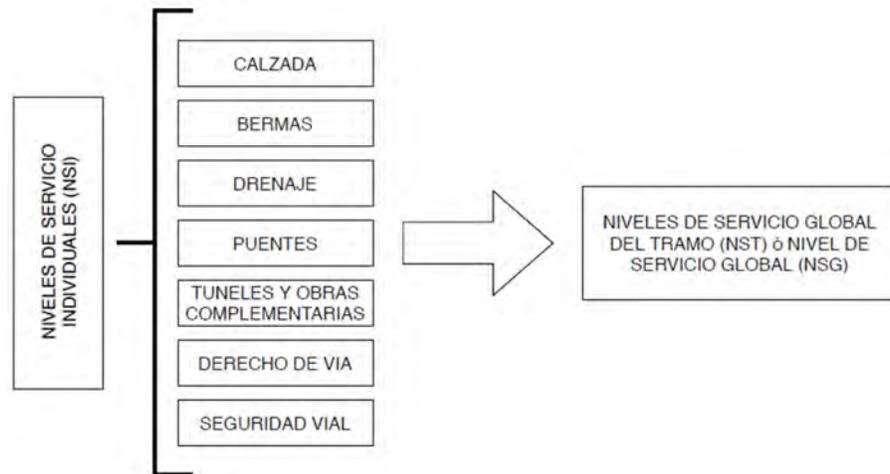
rugosidad dependiendo de las características dinámicas del vehículo empleado. Los equipos de esta clase son compactos, económicos y fáciles de manejar.

#### **2.5.1.4. Clase 4: Evaluación subjetiva**

En esta categoría se encuentran los métodos considerablemente más económicos que en las demás clases. En caso no se requieran datos de la rugosidad con una gran precisión o simplemente valores aproximados de la misma, se puede recurrir a una evaluación subjetiva basándose en la inspección visual del pavimento o en mediciones con equipos no calibrados.

#### **2.6. Nivel de Servicio Global (NSG)**

Como bien se definió en el inciso **2.3.1 Nivel de Servicio**, los Niveles de Servicio son indicadores que permiten cuantificar el nivel de calidad y desempeño que ofrece una vía. Si bien es cierto que el IRI es el principal indicador de la calidad funcional del pavimento, existen otros parámetros para la superficie de rodadura, como la cantidad de baches, agrietamiento, ahuellamiento, etc. Del mismo modo, en seguridad vial se mide la visibilidad de la señalización mediante parámetros como retrorreflectividad, color, luminancia y contraste; y así sucesivamente para todos los elementos que conforman la carretera. A este conjunto de indicadores se les denomina “Niveles de Servicio Individuales” ya que referencian a cada tipo de elemento de la vía, teniendo cada elemento sus propios parámetros sujetos a evaluación. Asimismo, los resultados de las mediciones de los Niveles de Servicio Individuales de cada tramo se ponderan porcentualmente, teniendo como resultado el Nivel de Servicio Global de cada tramo y el Nivel de Servicio Global de toda la carretera (Romero & Quispe, 2020).



**Figura 10:** Tipos de Niveles de Servicio. Fuente: Adaptado de Romero & Quispe (2020)

La forma en que se ponderan los Niveles de Servicio Individuales varía según cada contrato. Es decir, los Coeficientes de Ponderación que se le otorga a cada indicador no son necesariamente los mismos en todos los contratos de conservación o concesión; sin embargo, sí se da cierta tendencia en darle un mayor peso al indicador correspondiente a calzada. De igual manera, la cantidad de parámetros que engloba cada indicador puede variar sin afectar el Coeficiente de Ponderación.

Como se puede observar en el **Anexo C. Comparativo de la ponderación de Elementos Viales para el cálculo del Nivel de Servicio Global en concesiones (antes y después del 2005)**, para las concesiones suscritas antes del 2005, la Calzada tiene un Coeficiente de Ponderación mayor que el de los demás elementos viales, ello quiere decir que se le otorga un mayor peso o importancia. Por el contrario, en las concesiones suscritas a partir del 2005 se le otorga un mayor peso a los elementos viales correspondientes a Drenajes, Puentes y Viaductos y a Seguridad Vial, llegando a igualar el Coeficiente de Ponderación de la Calzada.

## Capítulo 3: Metodología

### 3.1. Objeto de estudio

La presente investigación se centra en el tramo Mocupe - Chiclayo, el cual abarca una longitud de 27.81 km de la concesión Autopista del Sol. Asimismo, el tramo seleccionado va desde el km 1004+300 hasta el km 1032+811 de la carretera Panamericana Norte. La concesión se encuentra al norte del Perú, y se extiende por 474.99 km, entre las ciudades de Trujillo y Sullana.



**Figura 11:** Intercambio vial Desvío Paita. Fuente: COVISOL (2021)

### 3.2. Tipo de estudio

La presente investigación estará diseñada bajo un modelo no experimental – transversal – descriptiva. Será no experimental debido a que se desarrollará en condiciones naturales, es decir, no se tendrá injerencia alguna sobre las variables de la investigación. Será transversal ya que estará enfocado en el periodo específico en que se recopiló la información. Por último, será descriptivo ya que se recolectarán datos de tres variables de estudio: el IRI, el estado de los bienes de la infraestructura y la percepción de confort de los usuarios. Por otro lado, el enfoque de la investigación será cuantitativo, ello debido a que se recolectará y procesará los

datos para comprobar las hipótesis en base a la comparación de evaluaciones objetivas y un análisis estadístico.

### **3.3. Encuestas de percepción a los usuarios**

Este proceso consiste en encuestar a los usuarios del tramo Mocupe - Chiclayo de la concesión Autopista del Sol de acuerdo a un formato específico para evaluar su percepción del estado de la infraestructura vial. En las encuestas, los usuarios calificarán, a su criterio, la calidad y confort que ofrece el corredor vial. A manera de abarcar la mayor cantidad de usuarios, las encuestas se realizarán en los distintos centros poblados entre las ciudades de Chiclayo y Mocupe, a fin de abarcar a los usuarios que se dirigen de Sur a Norte y Norte a Sur.

#### **3.3.1. Población y muestra**

La población estará compuesta por todos los usuarios que transiten por el tramo seleccionado de la concesión vial. Para definir el tamaño de la población, se tomará como referencia los registros de tráfico vehicular correspondiente al tramo seleccionado. Según OSITRAN (2019a) el tráfico vehicular registrado en el peaje ubicado entre las ciudades de Chiclayo y Mocupe, ubicado en el tramo seleccionado, es de 2'667,000 vehículos en el año 2019. De la población, se tomará una muestra representativa de usuarios que hayan realizado, al menos, un recorrido por el tramo seleccionado de la concesión. Para definir el tamaño muestral se usarán parámetros según un margen de error del 10% y una confianza del 95%. Asimismo, para fines prácticos, la población será considerada como infinita.

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{E^2}$$

**Ecuación 4:** Calculo del tamaño muestral para una poblacion infinita

Datos:

n: Tamaño de muestra

Z: Nivel de confianza (1.96)

p: Probabilidad de éxito (0.5)

q: Probabilidad de fracaso (0.5)

E: Error muestral (0.1)

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.1^2}$$

$$n = 97 \text{ vehiculos}$$

Por lo tanto, se realizará un total de 97 encuestas a los usuarios que transiten por el tramo seleccionado de la concesión vial.

### 3.3.2. Técnicas de recolección y procesamiento de datos

El formato destinado para la realización de las encuestas en campo se basó en el modelo usado en el AASHO Road Test para el cálculo del Ratio de Serviciabilidad Presente (PSR), el cual se muestra en la **Figura 5**. Este modelo permite que los usuarios califiquen la confortabilidad de la vía, en términos de confort y comodidad de manejo, en una escala del 1 al 5, siendo 1 el valor que refiere un nivel de servicio muy malo, y 5 el valor que refiere un nivel de servicio muy bueno. De igual manera, se añadieron dos preguntas. La primera pregunta consiste en que los conductores estimen la velocidad a la que estaban recorriendo la vía. Esto debido a que el IRI y la velocidad de recorrido de los vehículos están estrechamente relacionados, lo cual se explica gráficamente en la **Figura 7**. Es por ello que, al consultar la velocidad de recorrido, se podría deducir, a grandes rasgos, la condición de la carretera para realizar un recorrido seguro a la velocidad en que se manejaba. La segunda pregunta consiste en que los usuarios califiquen como aceptable o no el estado general de la carretera. Esta pregunta está más relacionada con el estado de los bienes de la vía; es decir, el Nivel de Servicio Global de la carretera. El formato a emplearse para la realización de las encuestas se

muestra en la **Figura 12**. Finalmente, se procesará la información obtenida de las encuestas mediante un análisis estadístico a fin de determinar el nivel de servicio percibido por los usuarios de la vía.

**ENCUESTA DE PERCEPCIÓN**

NOMBRE: \_\_\_\_\_

SENTIDO:            N - S             S - N

¿A QUE VELOCIDAD RECORRE LA  
CARRETERA?

\_\_\_\_\_

EN UNA ESCALDA DEL 1 AL 5, ¿CÓMO  
CALIFICARÍA LA COMODIDAD DE MANEJO DE LA  
CARRETERA?

1 - MUY MALO

2 - MALO

3 - REGULAR

4 - BUENO

5 - MUY BUENO

EN TÉRMINOS GENERALES, ¿CÓMO CALIFICARÍA  
EL ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL?

BUENO             REGULAR             MALO

**Figura 12:** Formato de encuestas de percepción. Fuente: Elaboración propia

### 3.4. Evaluaciones de niveles de servicio a la concesión

OSITRAN, en representación del Estado Peruano, es el encargado de supervisar, a través de consultorías de ingeniería, el cumplimiento de los niveles de servicio especificados en los contratos de cada concesión. Los informes de las evaluaciones a la concesión Autopista del Sol son de acceso público, basándose en la Ley N° 27806 – Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública. Por ello se solicitará a OSITRAN los informes correspondientes a las evaluaciones: “Evaluación Funcional del Pavimento” y “Niveles de Servicio Globales”, a fin de obtener el Índice de Serviabilidad Presente (PSI) y el Nivel de Servicio Global (NSG) de la concesión en estudio.

### 3.4.1. Evaluación funcional del pavimento

Consiste en la medición de la regularidad superficial del pavimento de la vía concesionada. La evaluación se realizó con un equipo de Clase 1; es decir, un equipo que mida el perfil de la vía con la máxima precisión. Para ello, la empresa consultora utilizó un perfilómetro laser, que mide el perfil longitudinal de la superficie del pavimento de forma continua y sin interrumpir el tránsito.



**Figura 13:** Perfilómetro Laser MK-IV. Fuente: Dynatest (2020)

El ensamblado del equipo se realizó de acuerdo al Manual de Usuario del fabricante, verificando que las piezas se encuentren en un buen estado para asegurar el óptimo desempeño del equipo. De igual manera, la calibración del equipo se realiza in situ conforme al Manual de Usuario y utilizando el software proporcionado para dicho fin.

Para la medición, es necesario establecer los carriles a evaluar, su sentido y la sectorización de la calzada. Esta sectorización agrupa tramos que tienen un patrón similar en cuanto a sus características ingenieriles. Se usó el método de diferencias finitas acumuladas establecidas en la Guía de Diseño de Pavimentos AASHTO (1993).



**Figura 14:** Definición de carriles del Tramo Mocupe - Chiclayo. Fuente: Adaptado de OSITRAN (2020).

Debido a la naturaleza de la evaluación, esta se realizará de forma continua con el fin de obtener el IRI promedio en las secciones homogéneas de cada carril de circulación del tramo en evaluación. La medición del IRI se realizará siguiendo las indicaciones del fabricante según el Manual de Usuario y del Ingeniero Especialista Vial. Algunas de las consideraciones que se tomaron en cuenta durante la medición son:

- La velocidad mínima de medición será de 50 km/h y la máxima será de 80 km/h, exceptuando casos justificados y aprobados por el Ingeniero Especialista Vial.
- Durante la medición, se debe seguir el trazado de la ruta evitando los fuertes cambios de velocidad (aceleración o frenado brusco).
- Durante la medición, se deben registrar todas las singularidades que podrían influenciar en los resultados de la medición. Algunas de estas pueden ser: buzones, baches, gibas, puentes, barras alertadoras, etc.

Para el procesamiento de la información se utilizará el software del fabricante, con el cual, a través de un procedimiento estándar, se obtendrá el IRI en m/km para secciones de 20 metros de longitud. Dicha información será analizada y validada en gabinete. Luego, a partir del IRI cada 20 metros, se obtendrá el IRI promedio para secciones de 100 m, del cual se obtendrá nuevamente la Media Deslizante para intervalos de 1 km, identificando los valores máximos, mínimos y el promedio. Finalmente, estos valores son comparados con el umbral (Nivel de Servicio de IRI) especificado en el contrato de concesión, el cual es de 3.50 m/km (Agencia de Promoción de la inversión privada, 2011b).

### 3.4.2. Evaluación de Nivel de Servicio Global

La medición de los Niveles de Servicio consiste en la evaluación del estado de los bienes de la concesión vial. Como bien se mencionó en el inciso **Nivel de Servicio Global (NSG)**, se evaluarán ciertos parámetros correspondientes a los distintos elementos de la vía.

El tamaño muestral de la evaluación de Niveles de Servicio estará dado por una metodología especificada por OSITRAN. Esta consiste en la división de la carretera de acuerdo a los tramos preestablecidos en los TDR de cada concesión. Asimismo, cada tramo se subdividió en secciones de un (01) km, y estos a su vez en segmentos de 100 m (hectómetros). De esta manera cada tramo tendrá una determinada cantidad de secciones con una longitud de un (01) km. Finalmente, se definió el tamaño muestral como el 10% de las secciones de cada tramo, las cuales fueron elegidas mediante un proceso aleatorio en presencia de las autoridades supervisoras por parte de OSITRAN y del Concesionario.

**Tabla 4**

*Sectores sorteados para la evaluación de Niveles de Servicio*

Tramo	Progresiva		Longitud (km)	N° Sectores	Sectores a evaluar	
	Inicio	Fin			Inicio	Fin
Mocupe - Reque	745+645	772+832	27.19	3	754+000	755+000
					760+000	761+000
					765+000	766+000
Reque - Chiclayo	772+832	789+274	26.44	2	775+000	776+000
					784+000	785+000

Fuente: Adaptado de OSITRAN (2020).

En cada segmento de 100 metros, se evaluará el cumplimiento de los niveles de servicio individuales indicados en el **Anexo D. Parámetros de evaluación de los elementos**

**de la Concesión Autopista del Sol.** Por el contrario, de no cumplir con el nivel de servicio requerido, se registrará como un Parámetro de Condición Insuficiente (PCI).

Los recursos humanos y de equipamiento para la evaluación de los niveles de servicio de la concesión se definen en la **Tabla 5**. La amplitud del staff se debe a que la evaluación debe realizarse en todos los elementos de la vía, por lo que, en algunos casos, se destinaron recursos específicos para algún elemento.

**Tabla 5**

*Recursos humanos y de equipos para la medición de Niveles de Servicio*

<b>Recursos humanos</b>	<b>Recursos de equipos</b>
Ingeniero Especialista Vial	02 vehículos
Ingeniero de Puentes	02 odómetros
Ingeniero Asistente	01 Retrorreflectómetro horizontal
Técnicos	01 Retrorreflectómetro vertical
Auxiliares	01 Espectrocolorímetro
Conductores	01 regla de aluminio de 1.2 m
	Winchas de mano

Fuente: Adaptado de OSITRAN (2020).

En cada sección (km de muestra) se cuantificó el número de hectómetros (segmentos de 100 m) que incumplen con los parámetros de los niveles de servicio de cada uno de los elementos. El tipo de evaluación dependerá del tipo de elemento. Por ejemplo, el Ingeniero Especialista Vial recorre los km de muestra realizando una inspección visual del estado de la Calzada, Berma, Derecho de Vía y los elementos de Encarrilamiento y Defensa. De igual manera el Ingeniero de Puentes realiza una inspección visual de los puentes que se encuentran en los km de muestra y los técnicos realizan mediciones en la Señalización Vertical y Horizontal en los km muestreados. El registro de los PCI se realizará en las planillas cuyos formatos se especifican en el **Anexo E. Planillas para el Cálculo del Nivel de Servicio**.

Para la obtención del porcentaje de incumplimiento de cada sección, se pondera de acuerdo al Coeficiente de Ponderación correspondiente a cada elemento vial.

**Tabla 6**

*Coefficientes de Ponderación para los elementos de la Autopista del Sol*

Aspecto a evaluar	Coefficiente de Ponderación
Superficie de rodadura	100
Bermas	100
Drenajes, puentes y viaductos	80
Área de la Concesión y Derecho de Vía	40
Seguridad Vial	80

Fuente: Adaptado de la Agencia de la Promoción de la Inversión Privada (2011a)

Por último, el Nivel de Servicio Global del tramo se calculará de acuerdo a la **Tabla 7**.

**Tabla 7**

*Calculo del NSG de un tramo de la Autopista del Sol*

Ítem	Nº de segmentos con deficiencias en todo el Sub-Tramo	Coefficiente de Ponderación	Porcentaje de incumplimiento por aspecto
Calzada			
Bermas			
Drenajes, puentes y viaductos	(a)	(b)	( c ) = (a)*(b)/10
Área de la Concesión y Derecho de Vía			
Seguridad Vial			
Grado de incumplimiento del Sub Tramo		( d ) = promedio ( c )	
Nivel de Servicio Global del Sub Tramo		( e ) = 100% - ( d )	

Fuente: Adaptado de la Agencia de la Promoción de la Inversión Privada (2011a).

Finalmente, el valor obtenido del cálculo se compara con el umbral exigido en el contrato de concesión.

**Tabla 8**

*Nivel de Servicio Global requerido para la Concesión Autopista del Sol*

<b>Concesión</b>	<b>Valores mínimos de servicio global (%)</b>
Autopista del Sol	95

Fuente: Adaptado de Agencia de la Promoción de la Inversión Privada (2011b)



## Capítulo 4: Resultados

### 4.1. Evaluación funcional del pavimento

El desarrollo de la evaluación estuvo a cargo de la empresa consultora Alauda Ingeniería, y se desarrolló entre los días 2 y 15 de julio del 2019. Para el procesamiento de los resultados, se sigue la clasificación de carriles según la **Figura 14** y se separan los carriles según el sentido.

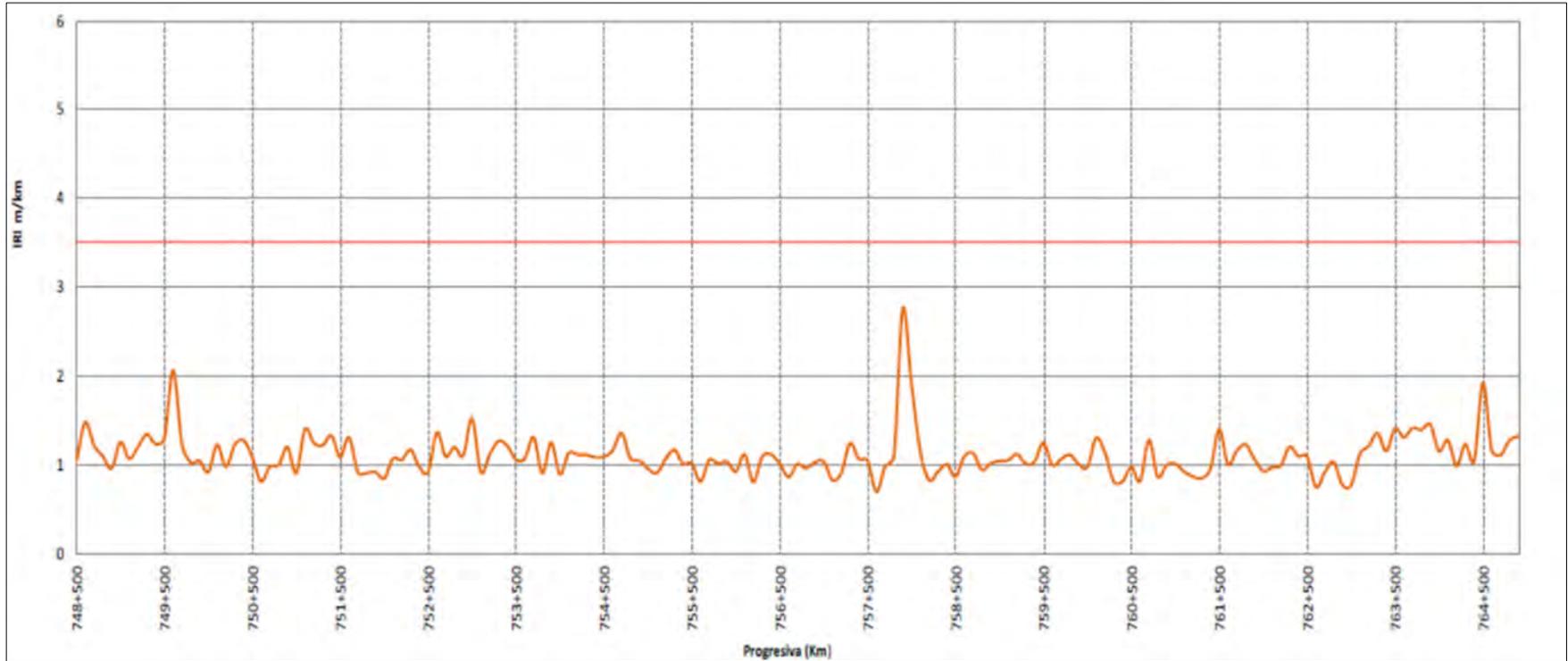
#### 4.1.1. Tramo Mocupe - Chiclayo: Calzada Creciente (Carril 1 y 3)

El tramo analizado comprende desde el km 748+500 hasta el km 764+920 de la carretera Panamericana Norte (PE-1N) en sentido Sur - Norte. Para el desarrollo del análisis, la división del tramo se realizó en seis (06) sectores homogéneos mediante el método estadístico de las diferencias acumuladas:

- Sector 1: km 748+500 – km 749+780
- Sector 2: km 749+780 – km 753+420
- Sector 3: km 753+420 – km 757+800
- Sector 4: km 757+800 – km 758+120
- Sector 5: km 758+120 – km 763+200
- Sector 6: km 763+200 – km 764+060
- Sector 7: km 764+060 – km 764+920

Los valores tabulados de IRI del carril 1 y 3, izquierdo y derecho respectivamente, se encuentran en el **Anexo F. Valores de IRI – Autopista del Sol – Tramo Mocupe – Chiclayo (Sentido Sur – Norte)**.

En la **Figura 15** se observa la distribución IRI del carril izquierdo. Para el análisis estadístico de las mediciones, se excluye del análisis las singularidades encontradas en campo, así como sectores críticos y con intervención de acuerdo a la información otorgada por el Concesionario y corroborado por la Supervisión de OSITRAN.



**Figura 15:** Distribución IRI Carril Izquierdo-Creciente del Tramo Mocupe - Chiclayo (Km 748+500 – Km 764+920). Fuente: OSITRAN (2019b).

En la **Tabla 9** y **Tabla 11** se puede observar un resumen de los parámetros estadísticos del Carril Izquierdo del Tramo Mocupe - Chiclayo en sentido Sur – Norte, según los sectores homogéneos identificados previamente. Se puede observar que el Sector 5 es el que presenta el valor más bajo de IRI Promedio con 1.01 m/km, mientras que el Sector 4 presenta el valor más alto de IRI Promedio con 1.86 m/km.

**Tabla 9**

*Parámetros Estadísticos del Carril Izquierdo – Creciente del Tramo Mocupe - Chiclayo*

Sector	Progresiva		Promedio aritmético (m/km)	Desviación Estándar (m/km)	Coeficiente de Variación %
	Inicio	Fin			
1	748+500	749+780	1.26	0.50	40
2	749+780	753+420	1.10	0.37	33
3	753+420	757+800	1.03	0.30	29
4	757+800	758+120	1.86	1.92	103
5	758+120	763+200	1.01	0.31	30
6	763+200	764+060	1.33	0.33	24
7	764+060	764+920	1.24	0.43	35

Fuente: Adaptado de OSITRAN (2019b).

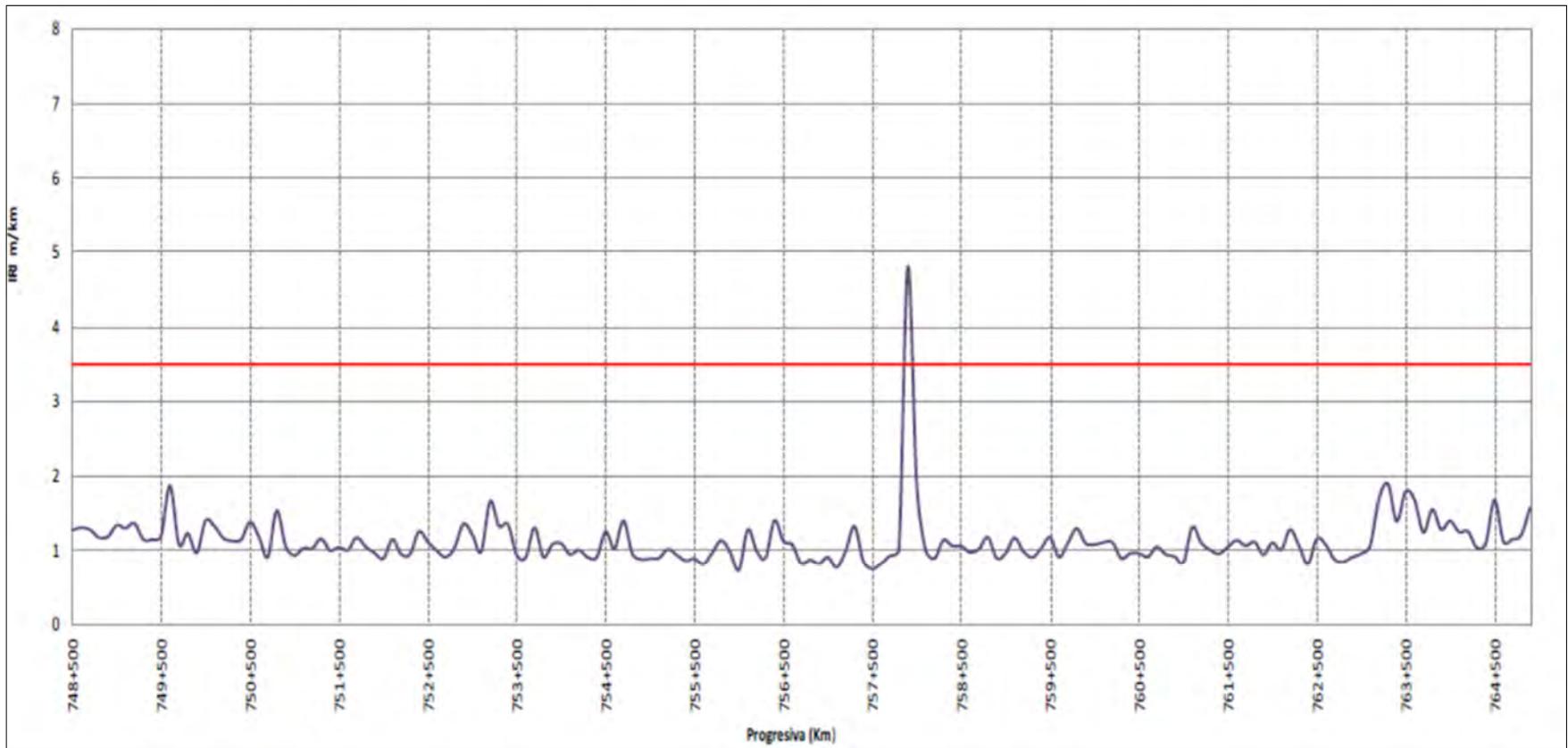
**Tabla 10**

*Resumen Parámetros Estadísticos del Carril Izquierdo - Creciente del Tramo Mocupe - Chiclayo*

IRI (m/km)	Carril 1 - Izquierdo
Mínimo:	1.2
Máximo:	2.6
Promedio:	2
Desviación Estándar:	4.025

Fuente: Adaptado de OSITRAN (2019b).

En la **Figura 16** se observa la distribución IRI del carril derecho. Para el análisis estadístico de las mediciones, se excluye del análisis las singularidades encontradas en campo, así como sectores críticos y con intervención de acuerdo a la información otorgada por el Concesionario y corroborado por la Supervisión de OSITRAN.



**Figura 16:** Distribución IRI Carril Derecho-Creciente del Tramo Mocupe - Chiclayo (Km 748+500 – Km 764+920). Fuente: OSITRAN (2019b).

En la **Tabla 11** y **Tabla 12** se puede observar un resumen de los parámetros estadísticos del Carril Derecho del Tramo Mocupe - Chiclayo en sentido Sur – Norte, según los sectores homogéneos identificados previamente. Se puede observar que el Sector 3 es el que presenta el valor más bajo de IRI Promedio con 0.99 m/km, mientras que el Sector 4 presenta el valor más alto de IRI Promedio con 2.47 m/km.

**Tabla 11**

*Parámetros Estadísticos del Carril Derecho – Creciente del Tramo Mocupe - Chiclayo*

Sector	Progresiva		Promedio aritmético (m/km)	Desviación Estándar (m/km)	Coeficiente de Variación %
	Inicio	Fin			
1	748+500	749+780	1.29	0.39	31
2	749+780	753+420	1.13	0.40	36
3	753+420	757+800	0.99	0.35	35
4	757+800	758+120	2.47	4.11	167
5	758+120	763+200	1.03	0.29	28
6	763+200	764+060	1.56	0.49	32
7	764+060	764+920	1.24	0.37	30

Fuente: Adaptado de OSITRAN (2019b).

**Tabla 12**

*Resumen de Parámetros Estadísticos del Carril Derecho – Creciente del Tramo Mocupe - Chiclayo*

IRI (m/km)	Carril 3 - Derecho
Mínimo:	0.765
Máximo:	2.12
Promedio:	1.412
Desviación Estándar:	0.418

Fuente: Adaptado de OSITRAN (2019b).

En la **Figura 17** se muestra la distribución de diferencias acumuladas para la identificación de los sectores homogéneos del Tramo Mocupe - Chiclayo de la calzada en sentido creciente. Asimismo, se muestra el IRI promedio obtenido de los carriles izquierdo y derecho.

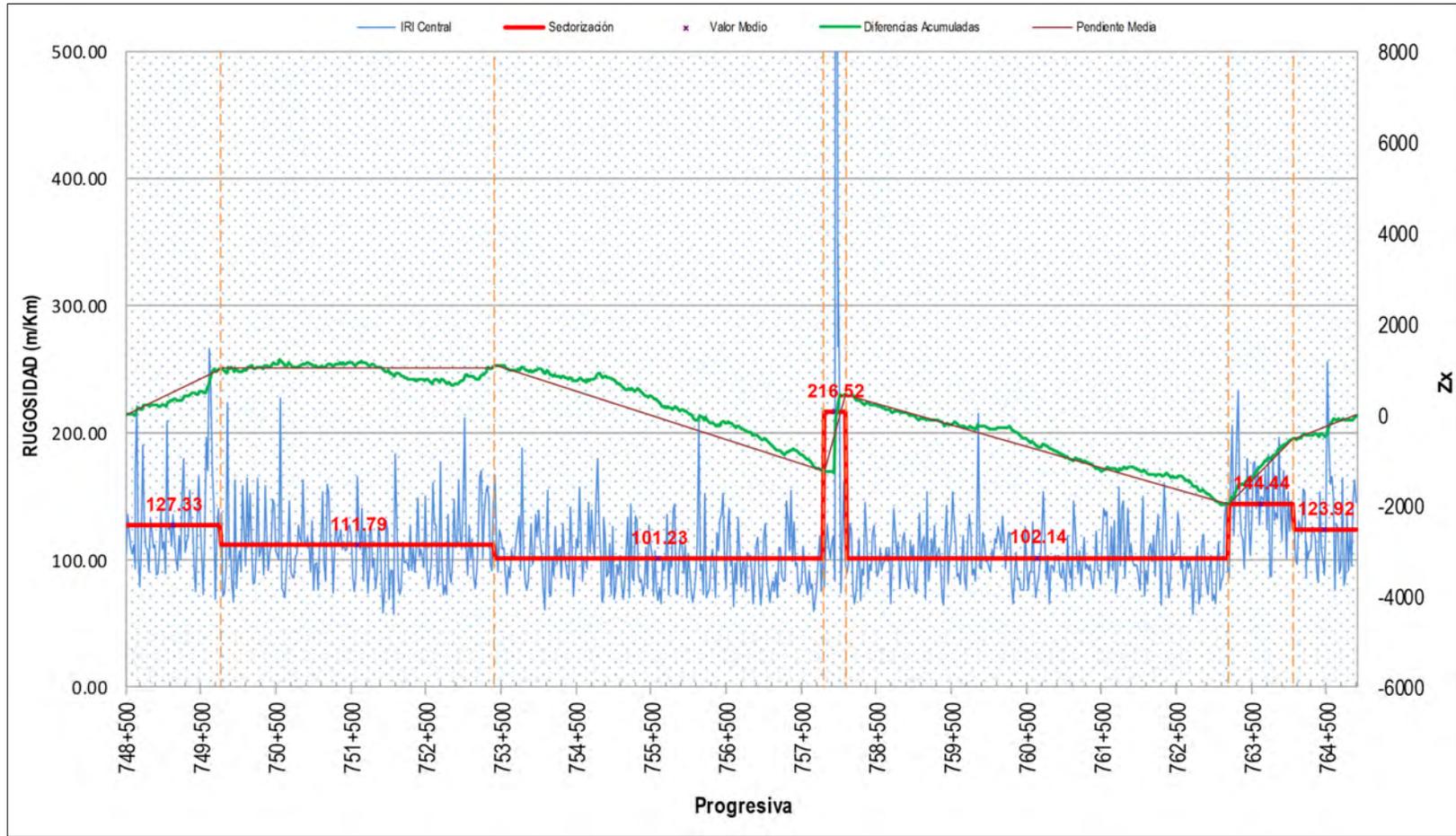


Figura 17: Sectorización IRI de los carriles en sentido creciente del Tramo Mocupe - Chiclayo (Km 748+500 – Km 764+920). Fuente: OSITRAN (2019b).

En la **Tabla 13** se muestran los valores promedio del IRI por cada sector. Se puede apreciar que el Sector 3 presenta el valor promedio más bajo con 1.01 m/km, mientras que el Sector 4 presenta el valor promedio más alto con 2.17 m/km.

**Tabla 13**

*Parámetros Estadísticos del Tramo Chiclayo – Mocupe en sentido creciente*

Sector	Progresiva		Promedio aritmético (m/km)	Desviación Estándar (m/km)	Coeficiente de Variación %
	Inicio	Fin			
1	748+500	749+780	1.27	0.39	31
2	749+780	753+420	1.12	0.30	27
3	753+420	757+800	1.01	0.25	25
4	757+800	758+120	2.17	3.00	139
5	758+120	763+200	1.02	0.22	22
6	763+200	764+060	1.44	0.34	23
7	764+060	764+920	1.24	0.35	28

Fuente: Adaptado de OSITRAN (2019b).

Con los valores promedio de IRI obtenidos, se aplica la **Ecuación 3** para el cálculo del Índice de Serviciabilidad (PSI) propuesto por Patterson. En la **Tabla 14** se muestran los valores obtenidos de PSI para cada sector, así como su clasificación. De esta manera, el Sector 1 y 4 presentan una condición funcional de “buena” y “muy buena” para los demás sectores, lo que indica un buen confort y serviciabilidad.

**Tabla 14**

*Índice de Serviciabilidad por sector homogéneo del Tramo Chiclayo – Mocupe en sentido creciente*

Sector	Progresiva		Promedio aritmético (m/km)	PSI (Patterson)	Clasificación
	Inicio	Fin			
1	748+500	749+780	1.27	3.97	Buena
2	749+780	753+420	1.12	4.08	Muy buena
3	753+420	757+800	1.01	4.16	Muy buena
4	757+800	758+120	2.17	3.37	Buena
5	758+120	763+200	1.02	4.15	Muy buena
6	763+200	764+060	1.44	3.85	Buena
7	764+060	764+920	1.24	3.99	Buena

Fuente: Adaptado de OSITRAN (2019b).

El cálculo del IRI Media Deslizante consiste en el valor promedio de 03 datos consecutivos del IRI en ambas huellas. Para el cálculo se excluye del análisis las singularidades encontradas en campo, así como sectores críticos y con intervención de acuerdo a la información otorgada por el Concesionario y corroborado por la Supervisión de OSITRAN.

De acuerdo al contrato de concesión, el umbral del nivel de servicio de IRI que debe mantener la carretera es de 3.5 m/km. Asimismo, en la **Figura 18** se muestra la distribución del IRI Media Deslizante para los carriles crecientes del tramo Mocupe - Chiclayo.

En la **Tabla 15** se presentan los valores máximos, mínimos y promedios de la media deslizante de la rugosidad y su distribución a lo largo del tramo Mocupe - Chiclayo.

**Tabla 15**

Resumen Estadístico IRI Media Deslizante – Carril Creciente

IRI MD (m/km)	Carril Izquierdo	Carril Derecho
Mínimo:	0.933	0.765
Máximo:	1.317	2.120
Promedio:	1.093	1.412
IRI MD Umbral NS	3.5	3.5
IRI MD max < IRI MD Umbral NS	Cumple	Cumple

Fuente: Adaptado de OSITRAN (2019b).



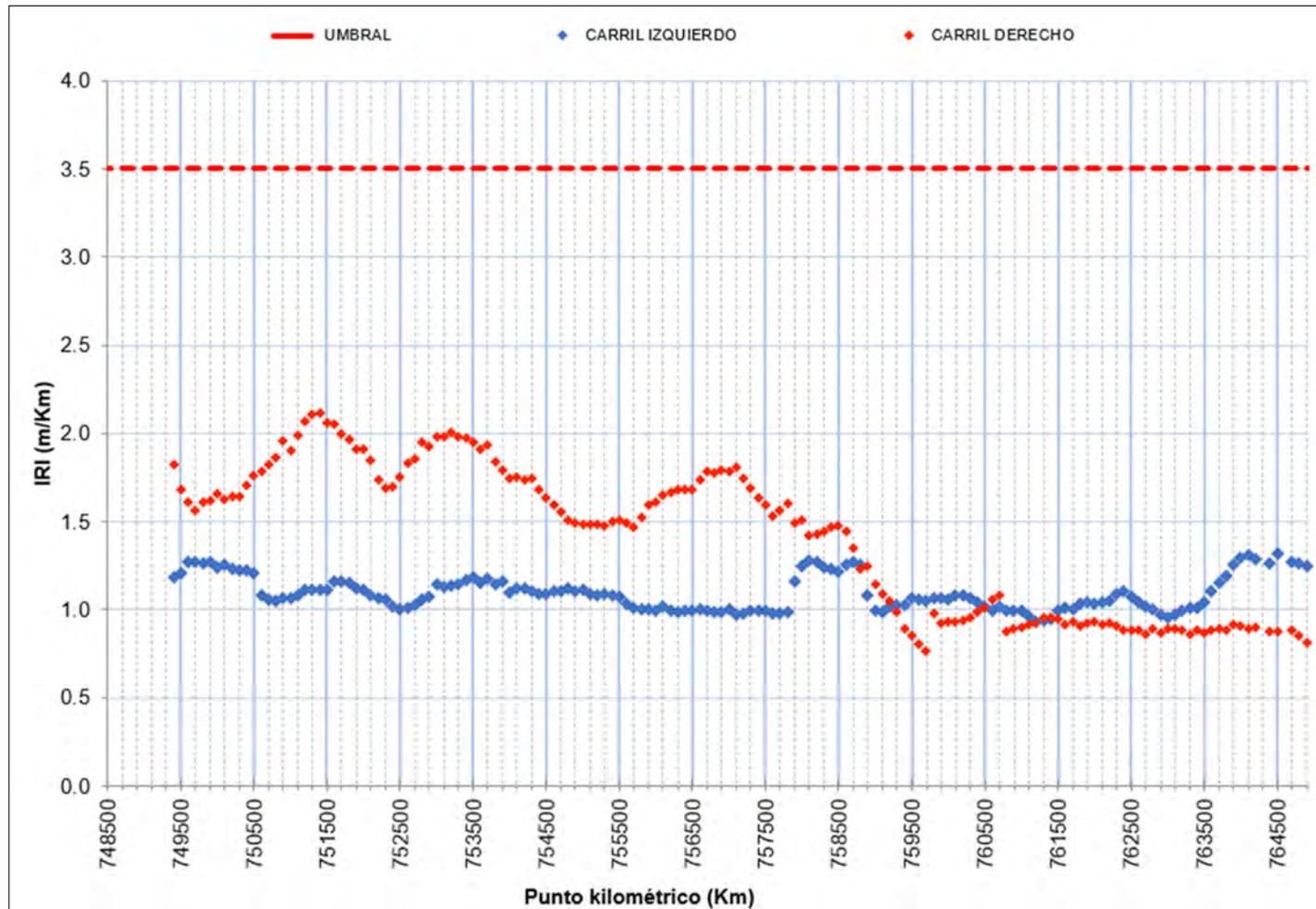


Figura 18: Distribución del IRI Media Deslizante en los carriles creciente del Tramo Mocupe - Chiclayo (Km 748+500 – Km 764+920). Fuente: OSITRAN (2019b).

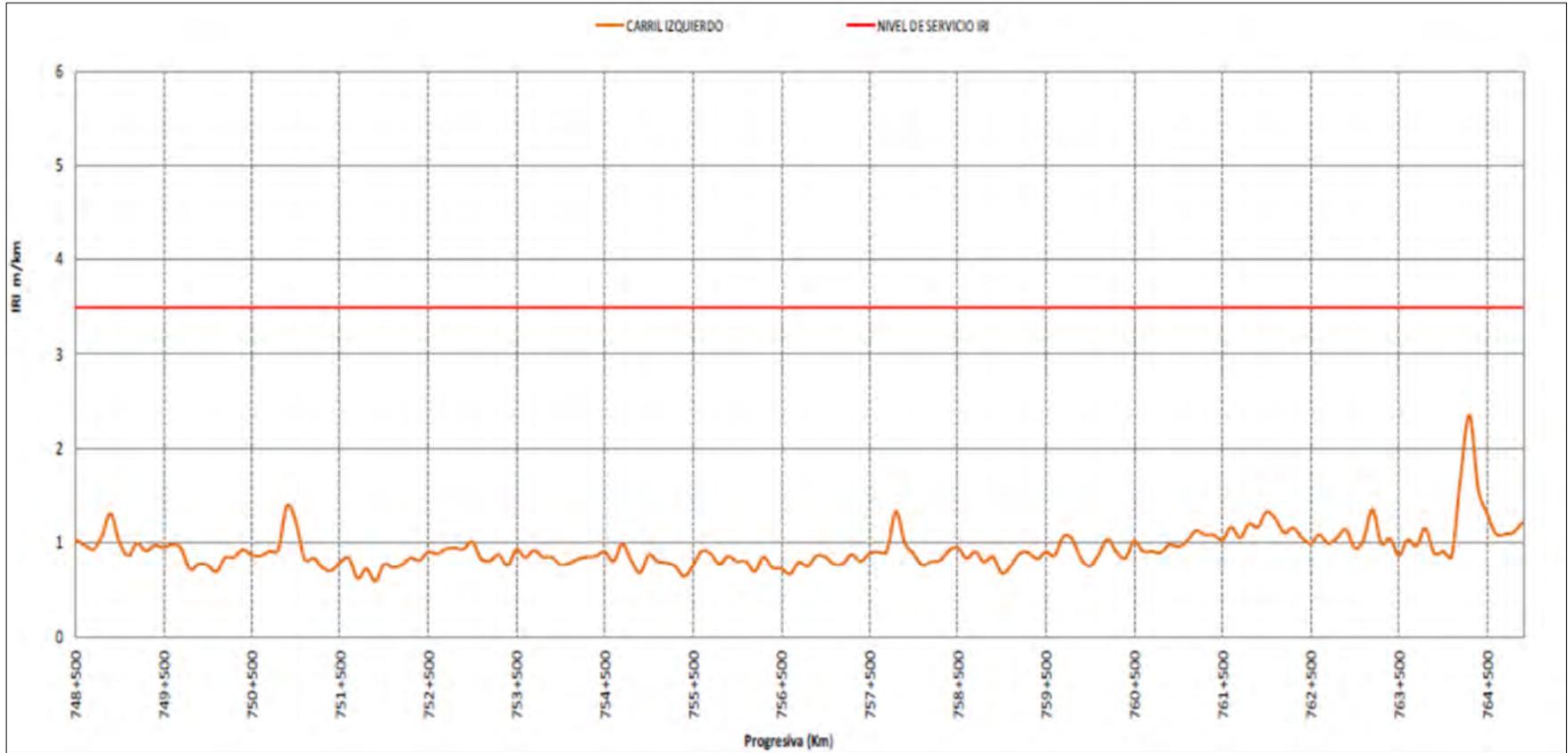
#### 4.1.2. Tramo Ovalo Mocupe – Ovalo Paita: Calzada Decreciente (Carril 2 y 4)

El tramo analizado comprende desde el km 748+500 hasta el km 764+920 de la carretera Panamericana Norte (PE-1N) en sentido Norte - Sur. Para el desarrollo del análisis, la división del tramo se realizó en diez (10) sectores homogéneos mediante el método estadístico de las diferencias acumuladas:

- Sector 1: km 748+500 – km 750+740
- Sector 2: km 750+740 – km 751+140
- Sector 3: km 751+140 – km 754+420
- Sector 4: km 754+420 – km 755+680
- Sector 5: km 755+680 – km 757+460
- Sector 6: km 757+460 – km 758+080
- Sector 7: km 758+080 – km 761+960
- Sector 8: km 761+960 – km 764+920

Los valores tabulados de IRI del carril 2 y 4, izquierdo y derecho respectivamente, se encuentran en el **Anexo G. Valores de IRI – Autopista del Sol – Tramo Chiclayo – Mocupe (Sentido Norte – Sur)**.

En la **Figura 19** se observa la distribución IRI del carril izquierdo. Para el análisis estadístico de las mediciones, se excluye del análisis las singularidades encontradas en campo, así como sectores críticos y con intervención de acuerdo a la información otorgada por el Concesionario y corroborado por la Supervisión de OSITRAN.



**Figura 19:** Distribución IRI Carril Izquierdo-Decreciente del Tramo Mocupe - Chiclayo (Km 748+500 – Km 764+920). Fuente: OSITRAN (2019b).

En la **Tabla 16** y **Tabla 17** se puede observar un resumen de los parámetros estadísticos del Carril Izquierdo del Tramo Mocupe - Chiclayo en sentido Norte - Sur, según los sectores homogéneos identificados previamente. Se puede observar que el Sector 5 es el que presenta el valor más bajo de IRI Promedio con 0.79 m/km, mientras que el Sector 9 presenta el valor más alto de IRI Promedio con 1.63 m/km.

**Tabla 16**

*Parámetros Estadísticos del Carril Izquierdo – Decreciente del Tramo Mocupe - Chiclayo*

Sector	Progresiva		Promedio aritmético (m/km)	Desviación Estándar (m/km)	Coeficiente de Variación %
	Inicio	Fin			
1	748+500	750+740	0.92	0.22	24
2	750+740	751+140	1.11	0.52	47
3	751+140	754+420	0.82	0.16	20
4	754+420	755+680	0.81	0.18	22
5	755+680	757+460	0.79	0.12	15
6	757+460	758+080	0.98	0.35	36
7	758+080	761+960	0.93	0.19	21
8	761+960	764+120	1.07	0.20	19
9	764+120	764+520	1.63	0.85	52
10	764+520	764+920	1.15	0.27	23

Fuente: Adaptado de OSITRAN (2019b).

**Tabla 17**

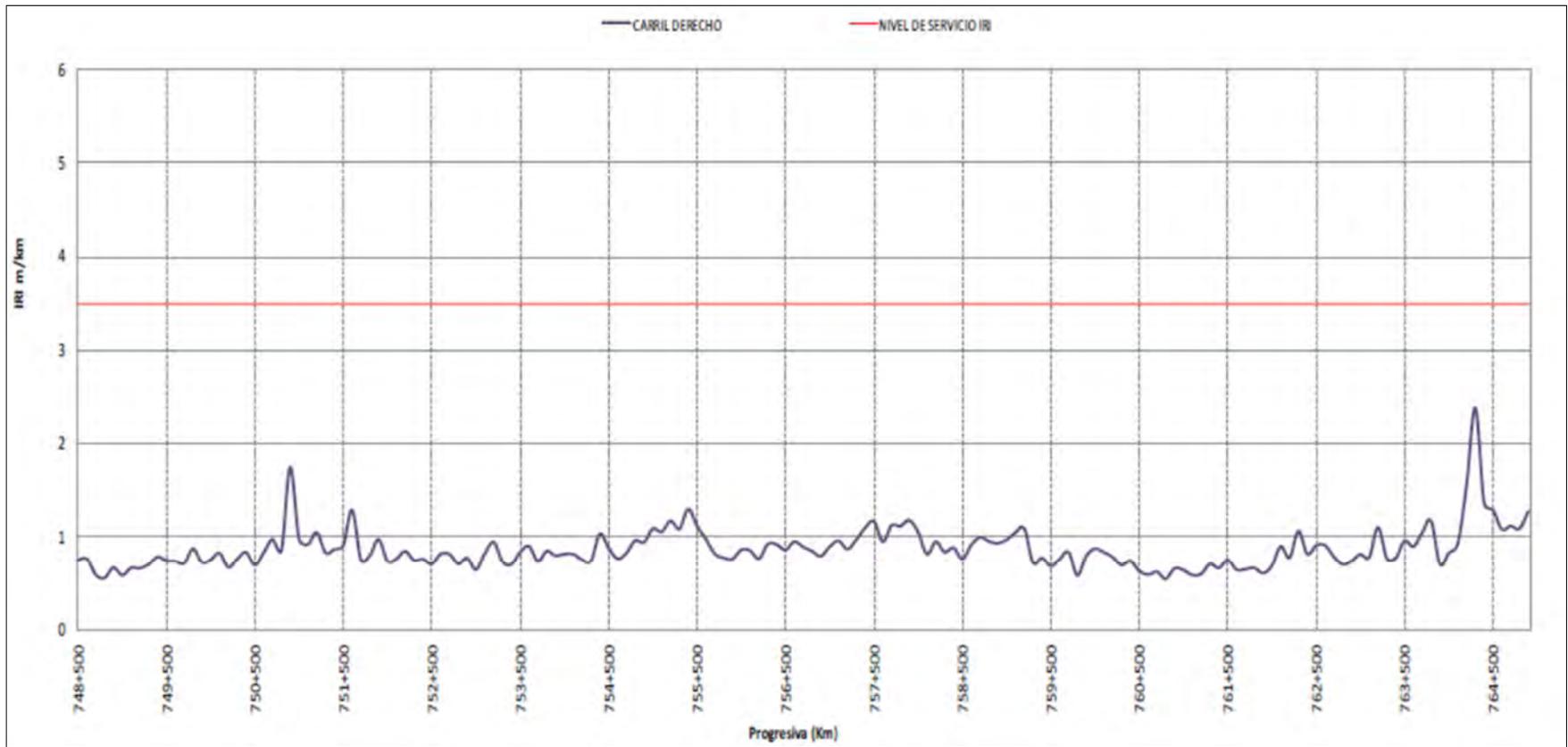
*Resumen Parámetros Estadísticos del Carril Izquierdo - Decreciente del Tramo Mocupe - Chiclayo*

IRI (m/km)	Carril 2 - Izquierdo
Mínimo:	0.728
Máximo:	1.324
Promedio:	0.919
Desviación Estándar:	0.130

Fuente: Adaptado de OSITRAN (2019b).

En la **Figura 20** se observa la distribución IRI del carril derecho. Para el análisis estadístico de las mediciones, se excluye del análisis las singularidades encontradas en campo, así como sectores críticos y con intervención de acuerdo a la información otorgada por el Concesionario y corroborado por la Supervisión de OSITRAN.





**Figura 20:** Distribución IRI Carril Derecho-Decreciente del Tramo Mocupe - Chiclayo (Km 748+500 – Km 764+920). Fuente: OSITRAN (2019b).

En la **Tabla 18** y **Tabla 19** se puede observar un resumen de los parámetros estadísticos del Carril Derecho del Tramo Mocupe - Chiclayo en sentido Norte - Sur, según los sectores homogéneos identificados previamente. Se puede observar que el Sector 1 es el que presenta el valor más bajo de IRI Promedio con 0.73 m/km, mientras que el Sector 9 presenta el valor más alto de IRI Promedio con 1.59 m/km.

**Tabla 18**

*Parámetros Estadísticos del Carril Derecho – Decreciente del Tramo Mocupe - Chiclayo*

Sector	Progresiva		Promedio aritmético (m/km)	Desviación Estándar (m/km)	Coeficiente de Variación %
	Inicio	Fin			
1	748+500	750+740	0.73	0.15	21
2	750+740	751+140	1.15	0.59	51
3	751+140	754+420	0.83	0.21	26
4	754+420	755+680	1.02	0.26	25
5	755+680	757+460	0.87	0.14	26
6	757+460	758+080	1.14	0.39	34
7	758+080	761+960	0.77	0.19	24
8	761+960	764+120	0.87	0.2	24
9	764+120	764+520	1.59	0.73	46
10	764+520	764+920	1.15	0.25	22

Fuente: Adaptado de OSITRAN (2019b).

**Tabla 19**

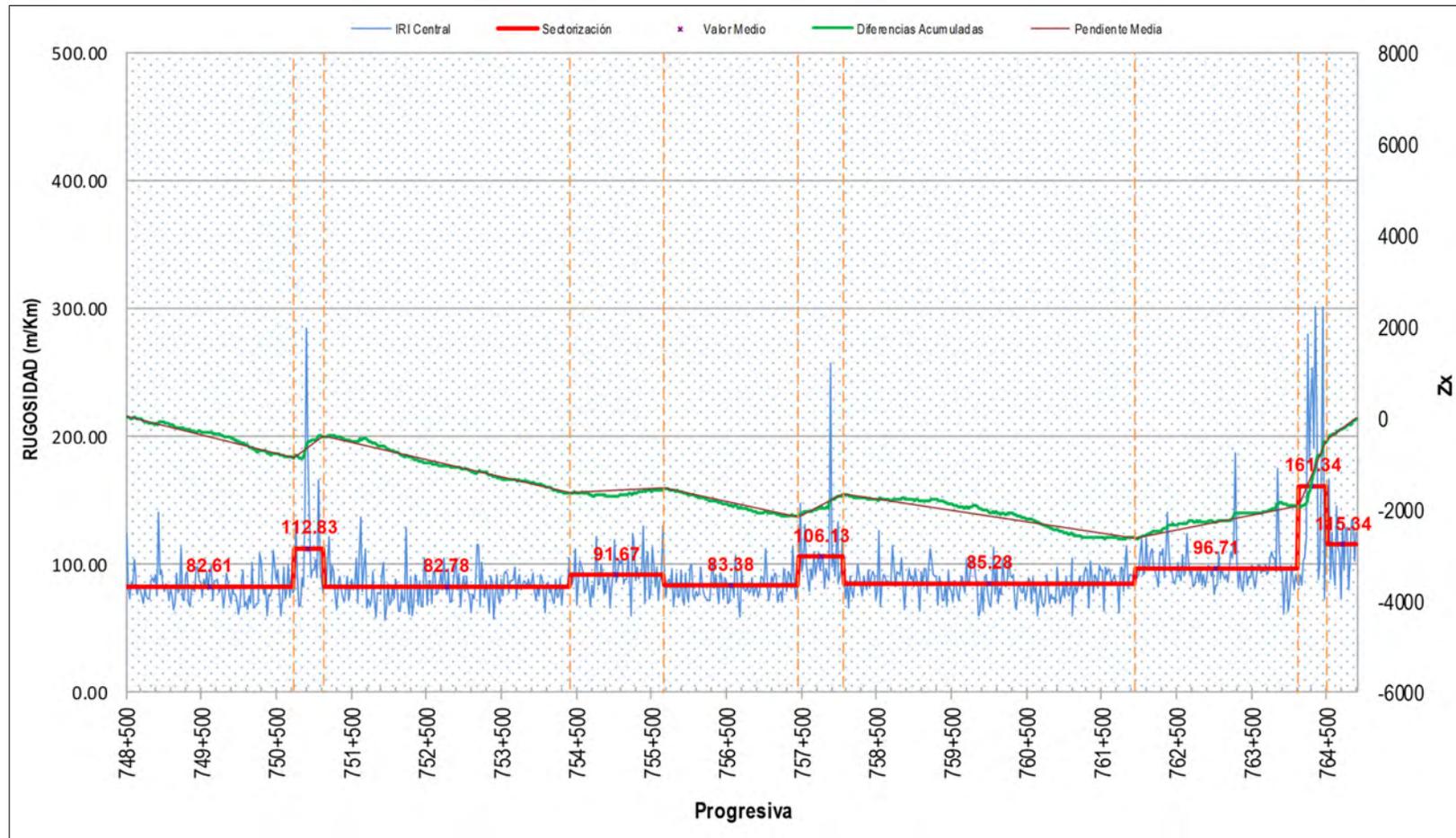
*Resumen de Parámetros Estadísticos del Carril Derecho – Decreciente del Tramo Mocupe - Chiclayo*

IRI (m/km)	Carril 4 - Derecho
Mínimo:	0.633
Máximo:	1.298
Promedio:	0.868
Desviación Estándar:	0.130

Fuente: Adaptado de OSITRAN (2019b).

En la **Figura 21** se muestra la distribución de diferencias acumuladas para la identificación de los sectores homogéneos del Tramo Mocupe - Chiclayo de la calzada en sentido decreciente. Asimismo, se muestra el IRI promedio obtenido de los carriles izquierdo y derecho.





**Figura 21:** Sectorización IRI de los carriles en sentido decreciente del Tramo Mocupe - Chiclayo (Km 748+500 – Km 764+920). Fuente: OSITRAN (2019b).

En la **Tabla 20** se muestran los valores promedio del IRI por cada sector. Se puede apreciar que el Sector 1 presenta el valor promedio más bajo con 0.83 m/km, mientras que el Sector 9 presenta el valor promedio más alto con 1.61 m/km.

**Tabla 20**

*Parámetros Estadísticos del Tramo Chiclayo – Mocupe en sentido decreciente*

Sector	Progresiva		Promedio aritmético (m/km)	Desviación Estándar (m/km)	Coeficiente de Variación %
	Inicio	Fin			
1	748+500	750+740	0.83	0.13	16
2	750+740	751+140	1.13	0.51	46
3	751+140	754+420	0.83	0.13	16
4	754+420	755+680	0.92	0.15	17
5	755+680	757+460	0.83	0.11	13
6	757+460	758+080	1.06	0.32	30
7	758+080	761+960	0.85	0.12	14
8	761+960	764+120	0.97	0.17	17
9	764+120	764+520	1.61	0.78	48
10	764+520	764+920	1.15	0.25	22

Fuente: Adaptado de OSITRAN (2019b).

Con los valores promedio de IRI obtenidos, se aplica la **Ecuación 3** para el cálculo del Índice de Serviciabilidad (PSI) propuesto por Paterson. En la **Tabla 21** se muestran los valores obtenidos de PSI para cada sector, así como su clasificación. De esta manera, el Sector 9 presenta una condición funcional de “buena” y los demás sectores presentan una condición “muy buena”, lo que indica un buen confort y serviciabilidad.

**Tabla 21**

*Índice de Serviciabilidad por sector homogéneo del Tramo Chiclayo – Mocupe en sentido decreciente*

Sector	Progresiva		Promedio aritmético (m/km)	PSI (Patterson)	Clasificación
	Inicio	Fin			
1	748+500	750+740	0.83	4.30	Muy buena
2	750+740	751+140	1.13	4.07	Muy buena
3	751+140	754+420	0.83	4.30	Muy buena
4	754+420	755+680	0.92	4.23	Muy buena
5	755+680	757+460	0.83	4.30	Muy buena
6	757+460	758+080	1.06	4.12	Muy buena
7	758+080	761+960	0.85	4.28	Muy buena
8	761+960	764+120	0.97	4.19	Muy buena
9	764+120	764+520	1.61	3.73	Buena
10	764+520	764+920	1.15	4.05	Muy buena

Fuente: Adaptado de OSITRAN (2019b).

El cálculo del IRI Media Deslizante consiste en el valor promedio de 03 datos consecutivos del IRI en ambas huellas. Para el cálculo se excluye del análisis las singularidades encontradas en campo, así como sectores críticos y con intervención de acuerdo a la información otorgada por el Concesionario y corroborado por la Supervisión de OSITRAN.

De acuerdo al contrato de concesión, el umbral del nivel de servicio de IRI que debe mantener la carretera es de 3.5 m/km. Asimismo, en la **Figura 22** se muestra la distribución del IRI Media Deslizante para los carriles crecientes del tramo Mocupe - Chiclayo.

En la **Tabla 22** se presentan los valores máximos, mínimos y promedios de la media deslizante de la rugosidad y su distribución a lo largo del tramo Mocupe - Chiclayo.

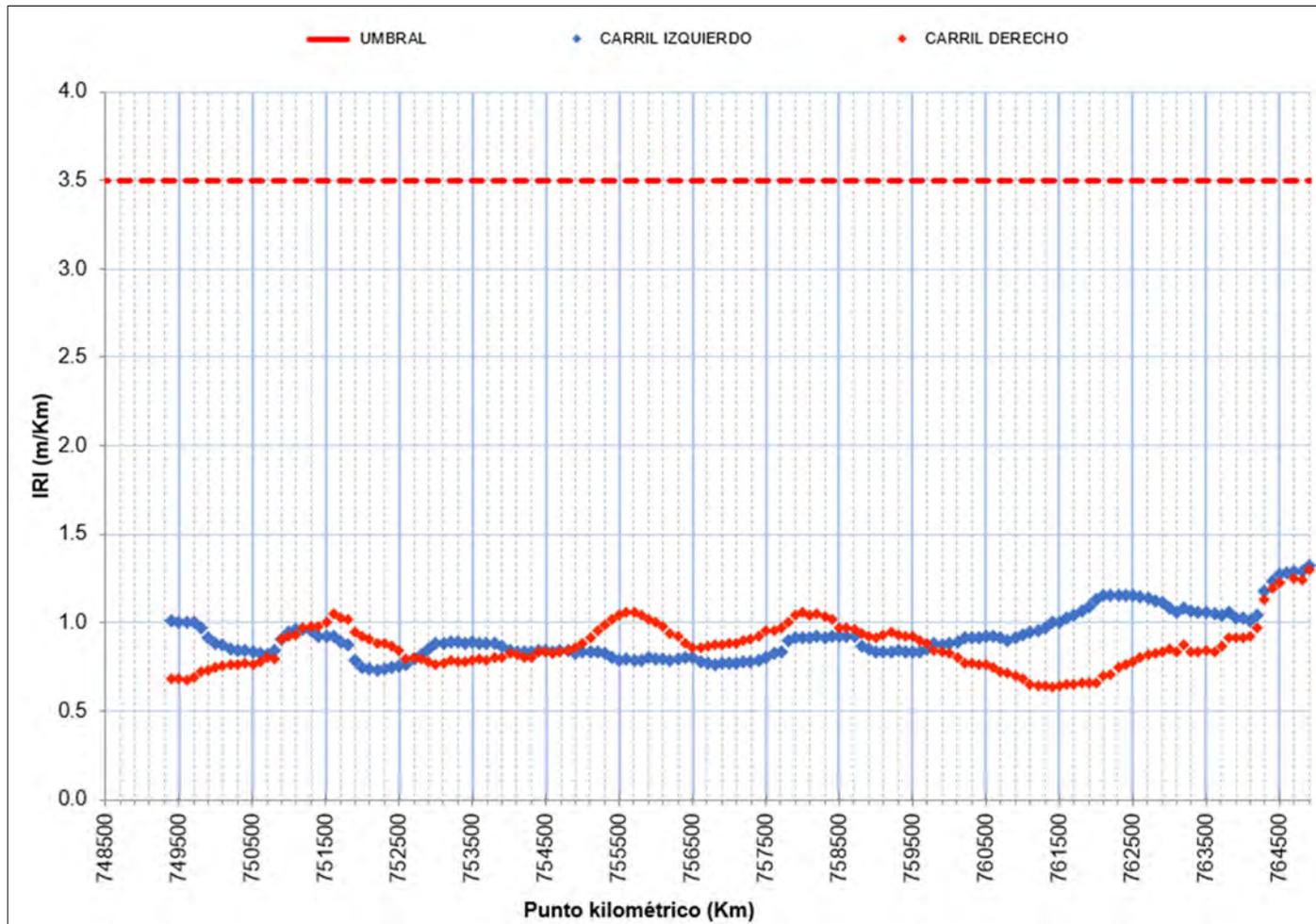
**Tabla 22**

Resumen Estadístico IRI Media Deslizante – Carril Decreciente

IRI MD (m/km)	Carril Izquierdo	Carril Derecho
Mínimo:	0.728	0.633
Máximo:	1.324	1.298
Promedio:	0.919	0.868
IRI MD Umbral NS	3.5	3.5
IRI MD máx. < IRI MD Umbral NS	Cumple	Cumple

Fuente: Adaptado de OSITRAN (2019b).





**Figura 22:** Distribución del IRI Media Deslizante en los carriles decreciente del tramo Mocupe - Chiclayo (Km 748+500 – Km 764+920). Fuente: OSITRAN (2019b).

## 4.2. Niveles de Servicio Global

El desarrollo de la evaluación estuvo a cargo de la empresa consultora Alauda Ingeniería, y se desarrolló entre los días 3 y 17 de enero del 2020. Se realizó la evaluación de Niveles de Servicio en los cinco (05) sectores sorteados del tramo Chiclayo – Mocupe de la concesión Autopista del Sol. Estos sectores se especifican en la **Tabla 4**. Los Parámetros de Condición Insuficiente (PCI) se identificaron en la infraestructura vial según el **Anexo D. Parámetros de evaluación de los elementos de la Concesión Autopista del Sol**.

De igual manera, en el **Anexo H. Parámetros de Condición Insuficiente del tramo Mocupe – Chiclayo de la concesión Autopista del Sol**, se muestran los PCI encontrados en la evaluación a los elementos de la concesión de los sectores sorteados. Estas deficiencias, se tabulan en las planillas de cálculo según el ítem evaluado y la ubicación del kilómetro de la deficiencia encontrada. Las planillas de cálculo correspondientes a los sectores sorteados se muestran en el **Anexo I. Planillas de Cálculo de Niveles de Servicio del tramo Mocupe – Chiclayo de la Concesión Autopista del Sol**.

Con las planillas de cálculo, se cuantifica el número de hectómetros que incumplen con el nivel de servicio requerido según el kilómetro de muestra. En el **Anexo J. Resumen de Hectómetros con Defectos por Sector Sorteado** se muestran los hectómetros con defectos para cada sector sorteado.

Finalmente, se realiza la sumatoria del total de hectómetros con defectos y se pondera según el ítem para la obtención del nivel de servicio alcanzado por el tramo Chiclayo – Mocupe de la concesión Autopista del Sol.

**Tabla 23**

Nivel de Servicio del tramo Mocupe - Reque

Ítem	N° de segmentos con deficiencias en todo el Sub tramo	Coefficiente de Ponderación	Porcentaje de incumplimiento por aspecto
Calzada	0	100	0.00
Berma	1	100	10.00
Drenaje, Puentes y viaductos	1	80	8.00
Seguridad Vial	2	80	16.00
Derecho de Vía	2	40	8.00
Grado de incumplimiento del Sub tramo			8.40
Nivel de servicio global del Sub tramo			91.60

Fuente: Adaptado de OSITRAN (2020).

**Tabla 24**

Nivel de Servicio del tramo Reque - Chiclayo

Ítem	N° de segmentos con deficiencias en todo el Sub tramo	Coefficiente de Ponderación	Porcentaje de incumplimiento por aspecto
Calzada	3	100	30.00
Berma	5	100	50.00
Drenaje, Puentes y viaductos	0	80	0.00
Seguridad Vial	20	80	180.00
Derecho de Vía	0	40	0.00
Grado de incumplimiento del Sub tramo			48.00
Nivel de servicio global del Sub tramo			52.00

Fuente: Adaptado de OSITRAN (2020).

### 4.3. Encuestas de confortabilidad

Las encuestas de confortabilidad son de elaboración propia y se realizaron el día 30 de mayo del 2021, conforme al formato presentado en la **Figura 12**. Estas no se realizaron en un punto fijo, sino en los centros poblados ubicados entre las ciudades de Chiclayo y Mocupe para una mejor realización de las encuestas y no interrumpir el tránsito de los vehículos.

**Tabla 25**

Sentido de circulación de los usuarios encuestados

Sentido de circulación de los usuarios encuestados	Frecuencia	Porcentaje
S-N	48	49%
N-S	49	51%
<b>Total</b>	97	100%

Fuente: Propia.



**Figura 23:** Realización de encuesta. Fuente: Propia.



**Figura 24:** Realización de encuesta. Fuente: Propia.

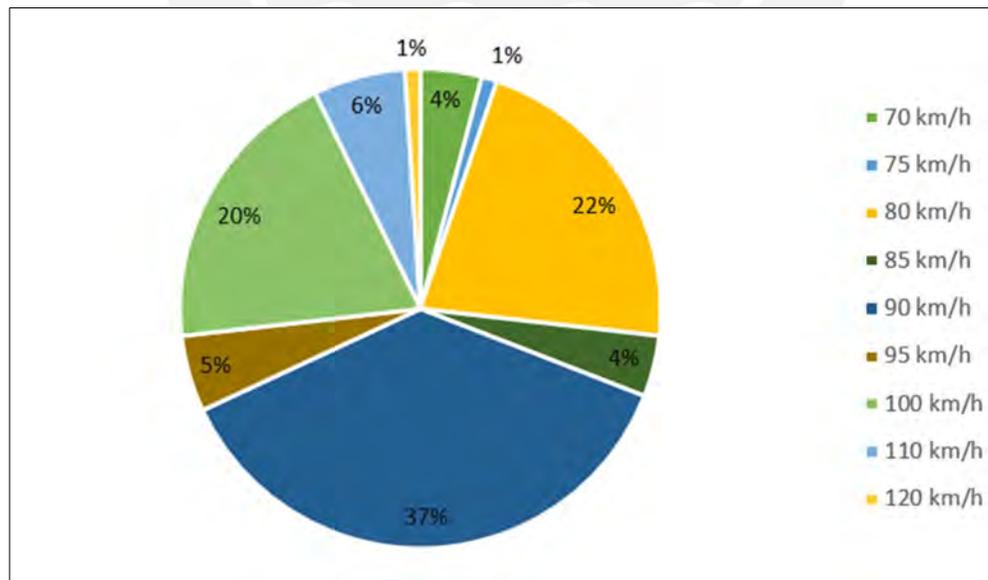
La distribución de frecuencias de las respuestas correspondientes a la pregunta “¿A qué velocidad recorre la carretera?” se muestra en la **Tabla 26** y **Figura 25**.

**Tabla 26**

Velocidad de circulación de los usuarios encuestados

Velocidad de circulación	Frecuencia	Porcentaje
70 km/h	4	4%
75 km/h	1	1%
80 km/h	21	22%
85 km/h	4	4%
90 km/h	36	37%
95 km/h	5	5%
100 km/h	19	20%
110 km/h	6	6%
120 km/h	1	1%
<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>100%</b>

Fuente: Propia.



**Figura 25:** Distribución de velocidades de circulación de usuarios encuestados. Fuente: Propia.

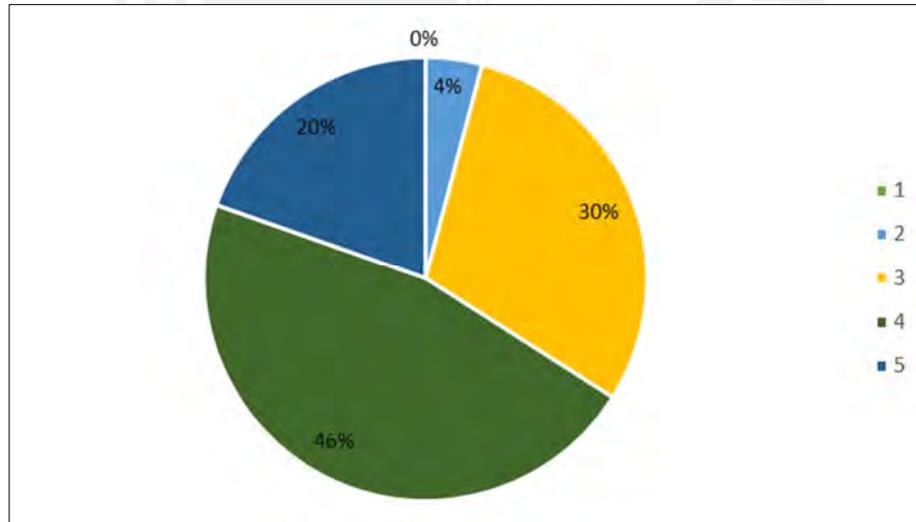
La distribución de frecuencias de las respuestas correspondientes a la pregunta “¿Cómo calificaría la comodidad de manejo de la carretera?” se muestra en la **Tabla 27** y **Figura 26**.

**Tabla 27**

Calificación de la comodidad de manejo por parte de los usuarios encuestados

Comodidad de manejo	Frecuencia	Porcentaje
1 – Muy malo	0	0%
2 – Malo	4	4%
3 – Regular	29	30%
4 – Bueno	45	46%
5 – Muy bueno	19	20%
<b>Total</b>	97	100%

Fuente: Propia.



**Figura 26:** Distribución de calificación del confort y comodidad de manejo por parte de los usuarios. Fuente:

Propia.

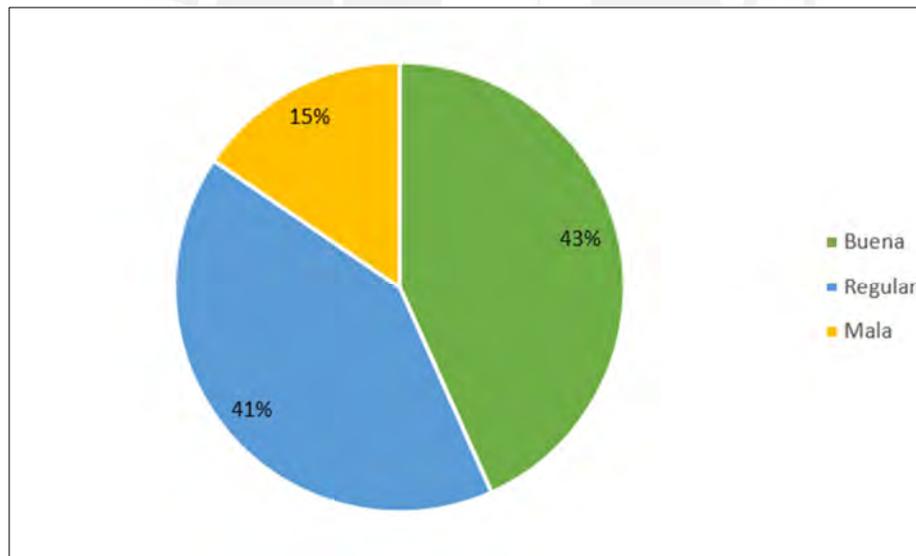
La distribución de frecuencias de las respuestas correspondientes a la pregunta “¿Cómo calificaría el estado de la infraestructura vial?” se muestra en la **Tabla 27** y **Figura 27**.

**Tabla 28**

Calificación del estado de la infraestructura vial por parte de los usuarios encuestados

Estado de la infraestructura vial	Frecuencia	Porcentaje
Buena	42	43%
Regular	40	41%
Mala	15	16%
<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>100%</b>

Fuente: Propia.



**Figura 27:** Distribución de calificación del estado de la infraestructura vial por parte de los usuarios. Fuente:

Propia

## Capítulo 5: Análisis de Resultados

Algunas consideraciones que se deben tomar en cuenta para el análisis de las encuestas son:

- Los usuarios tuvieron ciertas dificultades para identificar el tramo en evaluación. Si bien es cierto este tramo está delimitado por dos ciudades (Mocupe y Chiclayo), en algunas encuestas se obtenían respuestas con respecto a la totalidad de la concesión. Esto debido a que, durante su recorrido, los usuarios no necesariamente eran muy observadores para identificar el tramo y evaluar su confortabilidad. Además, mencionaban que había tramos que sí se encontraban en mal estado, pero estos no estaban siendo evaluados en las encuestas debido a que no pertenecían al tramo Mocupe – Chiclayo.
- Se percibía mucha satisfacción y preferencia por los sectores con autopista (vías de dos carriles por sentido). El tramo en evaluación está compuesto, en algunos sectores, por autopistas. Es por ello que muchos usuarios daban su calificación de confort y comodidad en base a las autopistas, aludiendo que deberían construirse más de estas y, en lo posible, hacer que toda la vía sea de dos carriles por sentido.
- Se percibía mucha incomodidad con los peajes. Al momento de realizar las encuestas se mencionaba el término “concesión”, lo que hacía que los usuarios lo asocien a los peajes; ello evidenciaba su disconformidad y molestia. Por lo que es probable que esta disconformidad haya influido en algunas de las respuestas a las preguntas realizadas.
- Los usuarios referían que la velocidad de conducción no era constante durante su recorrido por el tramo. Esta variaba drásticamente dependiendo el lugar. Ellos mencionaban que cerca a ciudades o centros poblados se conducía usualmente a una velocidad de 30 o 40 km/h. El caso de las autopistas también es importante; si bien es

cierto que los conductores daban un valor de velocidad promedio, muchos de ellos mencionaban que en autopistas aumentaban considerablemente la velocidad debido al bajo tráfico y a la comodidad de manejo.

### 5.1. Confortabilidad de la vía

Analizando los resultados obtenidos de la evaluación de rugosidad al tramo Mocupe – Chiclayo, se puede observar que:

- La **Figura 18** muestra que todos los valores del IRI Media Deslizante, tanto del carril izquierdo como del carril derecho en sentido Sur – Norte, se encuentran por debajo del umbral del nivel de servicio exigido, el cual es de 3.5 m/km.
- La **Tabla 14** muestra los valores de PSI obtenidos en cada sector del tramo, los cuales fluctúan entre 3.37 y 4.16. Realizando una ponderación de los valores según la longitud de cada sector, se obtiene un PSI de 4.08 en sentido Sur – Norte, lo cual indica que se presenta una serviciabilidad “Muy buena”.
- La **Figura 22** muestra que todos los valores del IRI Media Deslizante, tanto del carril izquierdo como del carril derecho en sentido Norte - Sur, se encuentran por debajo del umbral del nivel de servicio exigido, el cual es de 3.5 m/km.
- La **Tabla 21** muestra los valores de PSI obtenidos en cada sector del tramo, los cuales fluctúan entre 3.73 y 4.30. Realizando una ponderación de los valores según la longitud de cada sector, se obtiene un PSI de 4.24 en sentido Norte - Sur, lo cual indica que se presenta una serviciabilidad “Muy buena”.

Analizando las respuestas recolectadas de las encuestas, se muestran las siguientes tendencias:

- El 37% de los usuarios encuestados manifiestan que circulan a una velocidad promedio de 90 km/h, seguido de un 22% de usuarios que circulan a 80 km/h y a un

20% que circulan a 100 km/h. Finalmente, la velocidad promedio a la que circulan los usuarios de la vía se estima en 90.4 km/h.

- El 46% de los usuarios encuestados califican la confortabilidad de manejo con un Ratio de Serviciabilidad Presente (PSR) de 4 y el 30% con un 3. Finalmente, la calificación promedio del PSR por parte de los usuarios es de 3.8; lo cual califica la comodidad de manejo como “buena”.

Comparando y analizando los resultados de las encuestas de confortabilidad con la evaluación de rugosidad, se desprende que:

- El PSI y PSR obtenido, tanto objetiva como subjetivamente, nos indica que la comodidad y confortabilidad de manejo en el objeto de estudio se encuentra por encima del umbral del nivel de servicio. Estos valores resultan ser muy similares, un PSR de 3.8 y un PSI de 4.16, lo cual indica que existe una estrecha relación entre estos valores y que es posible determinar la confortabilidad de una vía mediante una evaluación subjetiva por parte de los usuarios. Sin embargo, en términos teóricos, la diferencia de estos valores es suficiente como para calificar la comodidad de manejo de la carretera como “buena” o “muy buena”.
- La velocidad de circulación es un indicador de la confortabilidad de manejo en la vía. La **Figura 7** muestra una estimación del IRI según la velocidad de diseño, así como el tipo de vía (carreteras o autopistas). La velocidad de circulación promedio de los usuarios encuestados es de 90.8 km/h, lo cual indica, de manera indirecta, que el IRI se encuentra en un rango bastante bajo y, por ende, el PSI se ubica en una calificación de entre “bueno” y “muy bueno”. En esa misma línea, más del 65% de los usuarios encuestados manifiestan que circulan a una velocidad mayor o igual a los 90 km/h. Esto se ve reflejado en las respuestas a la calificación de la confortabilidad de manejo

por la vía ya que el 56% de los usuarios dio una calificación de “bueno” o “muy bueno”.

## 5.2. Estado de la infraestructura vial

Analizando los resultados obtenidos de la evaluación de Niveles de Servicio Global (NSG) al tramo Mocupe – Chiclayo, se puede observar que:

- En la **Tabla 23** se puede observar el NSG del tramo Mocupe – Reque, el cual se encuentra en 91.60%, valor por debajo del umbral admisible del 95%. Asimismo, se puede observar que el ítem de calzada no presente ninguna deficiencia, pero que en los demás ítems si se presenta un total de 6 deficiencias en los 3 km de evaluación; por lo que al ponderar los niveles de servicio individuales de cada ítem se obtiene un NSG por debajo del 95%, lo que indica que no se está cumpliendo con el nivel de servicio contractual.
- En la **Tabla 24** se puede observar el NSG del tramo Reque - Chiclayo, el cual se encuentra en 52.00%, valor por debajo del umbral admisible del 95%. Asimismo, se puede observar que se presenta una gran cantidad deficiencias en los 2 km de evaluación, especialmente en el ítem de seguridad vial, por lo que al ponderar los niveles de servicio individuales de cada ítem se obtiene un NSG bastante por debajo del 95%.
- Se puede observar que ninguno de los dos tramos llega al nivel de servicio mínimo admisible del 95%. Esto se da aun cuando en el tramo Mocupe – Reque se identificaron tan solo 6 deficiencias en los 3 km de extensión del tramo. Ello indicaría que la ecuación del cálculo de NSG es bastante exigente y se necesita una vía prácticamente sin defectos para poder llegar al nivel de servicio mínimo admisible.

Analizando las respuestas recolectadas de las encuestas, se muestran las siguientes tendencias:

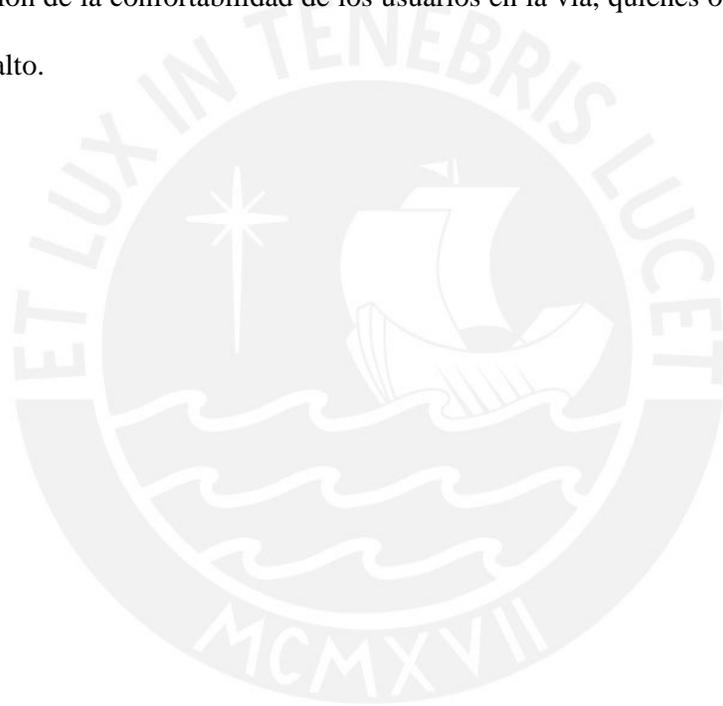
- Las encuestas reflejan que la gran mayoría percibe el estado de la infraestructura vial como “regular” y “buena”. El 43% de los encuestados la calificaron como “buena” y el 41% de los encuestados la calificaron como “regular”. Finalmente, el 16% restante la calificó como “mala”.
- Se observó que la mayor parte de los encuestados que calificaban el estado de la infraestructura como “regular” o “mala” manifestaban su disconformidad con la falta de señalización o el mal estado de la señalización en la vía.

Comparando y analizando los resultados de las encuestas con la evaluación de NSG, se desprende que:

- Si bien es cierto que la mayoría de los encuestados perciben el estado de la infraestructura vial como “buena”, la diferencia porcentual con la calificación de “regular” es muy baja. Ello, sumado a que el porcentaje de usuarios restantes la calificó como “mala”, podría considerarse que la percepción promedio del estado de la infraestructura es de “regular”. Esta calificación de los usuarios nos indicaría que el NSG del objeto en estudio estaría ligeramente por debajo del nivel de servicio admisible, lo cual se confirma con el resultado de la evaluación de NSG del tramo Mocupe – Chiclayo.
- Las opiniones de los usuarios encuestados con respecto a la falta de señalización vial coinciden con las deficiencias mostradas en el ítem de Seguridad Vial de la evaluación de NSG del tramo Reque – Chiclayo. En ese sentido, habría que recalcar que la evaluación de NSG realizada se basa en la medición y evaluación de elementos de seguridad vial existentes; es decir, no se evalúa la falta de señalización, sino el

estado de los ya existentes. Por ello, en dicha evaluación se estaría alcanzando el nivel de servicio de una “seguridad nominal” mas no de una “seguridad real”.

- Se puede observar que se encontraron pocas deficiencias en el ítem de calzada de los kilómetros evaluados. En la **Tabla 23** y **Tabla 24** se muestra que en total se obtuvieron 3 deficiencias entre los 5 km evaluados del tramo Mocupe – Chiclayo, siendo todas ellas fisuras en la carpeta de rodadura. Esto ha afectado en el calculo del nivel de servicio del ítem de calzada, pero no afecto, al menos en gran medida, a la calificación de la confortabilidad de los usuarios en la vía, quienes otorgaron un valor de PSR alto.



## Capítulo 6: Conclusiones y Recomendaciones

### 6.1. Conclusiones

- De la Evaluación Funcional del pavimento, se obtuvieron valores de IRI Media Deslizante del tramo Mocupe – Chiclayo de la concesión Autopista del Sol, tanto en sentido creciente como decreciente. Estos se encuentran por debajo del umbral de nivel de servicio exigido en el contrato de concesión, el cual es de 3.5 m/km. Asimismo, estos valores se traducen, mediante la **Ecuación 3**, en un Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) de entre 3.5 y 4.5, lo que refiere una confortabilidad de manejo “teórica” de “buena” y “muy buena”. Como bien se mencionó en el inciso **2.4. Indicadores de calidad en pavimentos de carreteras**, también es posible evaluar la confortabilidad de una carretera mediante una evaluación subjetiva por parte de los usuarios de la vía, cuya cuantificación se le conoce como Ratio de Serviciabilidad Presente (PSR) y es comparable con el PSI. Es por ello que, con el fin de obtener un PSR característico del objeto de estudio, se realizaron encuestas de confortabilidad a los usuarios que transitaban por la vía. Los resultados de las encuestas arrojan que más del 60% de los usuarios encuestados otorgaron una calificación de 4 y 5 (buena y muy buena) a la confortabilidad de la vía, mientras que un 30% la califica con un 3 (regular). De igual manera, los usuarios encuestados refieren una velocidad promedio de circulación de 90 km/h, lo que reafirma, de manera indirecta, una buena comodidad de manejo. Comparando los valores de PSI y PSR, calificaciones de manera objetiva y subjetiva respectivamente, se obtienen resultados muy similares (PSI de 4.16 y PSR de 3.18 respectivamente), por lo que se concluye que existe una relación entre estos valores y que es posible estimar, a grandes rasgos, la confortabilidad de una vía mediante una evaluación subjetiva por parte de los usuarios. Asimismo, debido a la similitud de los valores del PSI y PSR, se puede concluir que tener valores de rugosidad dentro del umbral del nivel de servicio, refleja en una buena sensación de confort entre los usuarios de la vía.
- De la evaluación de Niveles de Servicio Global del tramo Mocupe – Chiclayo de la concesión Autopista del Sol, se evaluó el estado de los bienes de la concesión vial; ello incluye la

evaluación de calzadas, bermas, elementos de seguridad vial, drenajes, puentes y derecho de vía. Los resultados indican que el NSG del tramo se encuentra por debajo del nivel de servicio mínimo admisible establecido en el contrato de concesión, el cual es del 95%. De las encuestas de confortabilidad que se realizaron a los usuarios, se consultó adicionalmente por su calificación para el estado de los bienes de la concesión. En esta pregunta no se obtuvieron respuestas tan uniformes; un 43% de los encuestados considera que la carretera se encuentra en buen estado, un 41% considera que se encuentra en estado regular y un 16% que se encuentra en mal estado. Obteniéndose una calificación promedio de “regular”, y siendo las mayores quejas y disconformidades con respecto al mal estado y a la falta de señalización en la carretera, ello coincide con el bajo nivel de servicio del ítem de seguridad vial reflejado en la evaluación. Entonces, comparando los resultados obtenidos, tanto objetiva como subjetivamente, se puede concluir que el buen o mal estado de los bienes de la concesión vial se ve reflejado en la sensación de calidad y seguridad de los usuarios que transitan por la vía, siendo este caso una vía que se encuentra por debajo del nivel de servicio mínimo admisible y que se refleja en la calificación “regular” que le dan los usuarios a la vía.

- Finalmente, de las encuestas de confortabilidad, se puede concluir que la mayoría de los usuarios está conforme con la confortabilidad que presta el pavimento, y ligeramente conforme con el estado de la infraestructura del tramo Mocupe – Chiclayo de la Autopista del Sol. Esto se ve reflejado en las respuestas de las encuestas, tanto en la pregunta de confortabilidad de manejo como en la del estado de la infraestructura vial. En ambos casos se obtuvieron mayormente positivas o regulares.

## **6.2. Recomendaciones**

- Si bien es cierto que en las encuestas no hubo una pregunta específica sobre el estado de la seguridad vial, los usuarios manifestaban sus molestias debido a la falta de señalización. En las evaluaciones de niveles de servicio supervisadas por OSITRAN sólo se evalúa el estado de los elementos de seguridad vial existentes, encontrándose numerosas deficiencias; pero no se evalúa la falta de señalización, por ello se estaría

alcanzando el nivel de servicio de una “seguridad nominal” mas no de una “seguridad real”. La empresa concesionaria es la encargada de la implementación de elementos de seguridad vial, por lo que se sugiere la realización de auditorías o inspecciones de seguridad vial en vista de que la concesión sea más segura para los usuarios.

- Las respuestas a la pregunta que refiere a la calificación de la confortabilidad de manejo muestran una tendencia muy clara a que esta es “buena” o “muy buena”. Caso contrario a las respuestas que refiere a la calificación del estado de la infraestructura vial, donde se tienen respuestas más dispersas entre “regular” o “buena”. Esta dispersión puede reflejar que, si bien la mayoría considera que el estado de la infraestructura es buena, esta no llega a satisfacer a la totalidad de usuarios y, por el contrario, las quejas por el estado de la seguridad vial deberían atenderse con mayor urgencia.
- La evaluación de niveles de servicio global abarca una muestra del 10% de la longitud total de la concesión. Si bien es cierto que este porcentaje se estipula en el contrato, debería plantearse la evaluación de una muestra más significativa a fin de que los valores del nivel de servicio obtenidos sean más representativos y precisos con respecto a la longitud total de la concesión.
- En las tablas del nivel de servicio del tramo Reque – Chiclayo, se observa que las mayores deficiencias se dan en el ítem de Seguridad Vial. En el cálculo se promedian los niveles de servicio individuales de cada ítem resultando un NSG para todo el tramo, esto no asegura que los niveles de servicio individuales estén cumpliendo independientemente con valor admisible. Por ello, sería necesario establecer límites admisibles, hasta los que podría evolucionar el nivel de servicio individual de cada ítem, adicional al nivel de servicio de cada tramo, a fin de que todos los ítems tengan un límite y no se le dé un margen excesivo de tolerancia a cada ítem.

## REFERENCIAS

- AASHTO. (1993). *Guide for design of Pavement Structures*.
- Agencia de Promoción de la inversión privada. (2011a). Concesión de la Autopista del Sol Tramo Trujillo - Sullana. *Comité de Proinversión En Proyectos de Infraestructura y de Servicios Públicos*.
- Agencia de Promoción de la inversión privada. (2011b). Concesión de la Autopista del Sol Tramo Trujillo - Sullana. *Comité de Proinversión En Proyectos de Infraestructura y de Servicios Públicos*.
- Almenara, C. (2015). *Aplicación de teléfonos inteligentes para determinar la rugosidad de pavimentos urbano en Lima*.
- Asociación Mundial de la Carretera. (2016). *Conservar las carreteras de su país para fomentar el desarrollo*.
- Badilla, G. (2009). Determinación de la regularidad superficial de pavimentos mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI): Aspectos y consideraciones importantes. *Unidad de Investigación de Infraestructura Vial*.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2002). *Estrategia para el sector transporte en Perú*.
- Bull, A. (2002). Un nuevo paradigma para la conservación vial: de hacer lo que se puede a hacer lo que es exigible. *Primer Congreso de Fondos de Conservación Vial de Centroamérica*.
- COVISOL. (2021). *Construcción de obras*.
- Dujisin, D., & Arroyo, A. (1995). Desarrollo de una relación Índice de Serviciabilidad (p) - Índice de Rugosidad Internacional (IRI). In *Cámara Chilena de la Construcción*. Comisión de diseño y evaluación de pavimentos.
- Dynatest. (2020). *Perfilómetro Laser (RSP) MK-IV*.
- Forslöv, L. (2014). *Roughness and Texture*.
- Highway Research Board. (1962). The AASHTO Road Test. *National Academy of Sciences - National Research Council, Special Re.*
- Instituto Peruano de Economía. (2006). *El camino para reducir la pobreza*.
- Limón, L., & Espinosa, J. (2017). La importancia de la conservación en México. *Congreso Mexicano de Asfalto*.
- Lluncor, R., & Salcedo, R. (2015). Propuesta de gestión para mantener la rugosidad dentro de los niveles de servicio del contrato de concesión. In *Universidad Ricardo Palma*. Universidad Ricardo Palma.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2019). *Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2015). *Concesiones en infraestructura de transporte*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial. *Dirección General de Caminos y Ferrocarriles*.

- Nalvarte, P. (2017). Ley para la Promoción de la Inversión Privada en Infraestructura de Servicios Públicos. *Derecho & Sociedad*.
- Obando, W. (2007). *La conservación vial por niveles de servicio*.
- OSITRAN. (2018a). Análisis de la infraestructura vial concesionada en el Perú. *Gerencia de Regulación y Estudios Económicos, Jefatura d.*
- OSITRAN. (2018b). *Mapa de Concesiones*.
- OSITRAN. (2019a). Informe de desempeño 2019: Concesión Autopista del Sol Tramo Vial: Trujillo - Sullana. *Gerencia de Regulación y Estudios Económicos*.
- OSITRAN. (2019b). Informe de Medición y Evaluación Funcional del Pavimento (IRI) de la concesión Autopista del Sol: Trujillo - Sullana. *Servicio de Consultoría Para La Medición y Evaluación de Niveles de Servicio, Rugosidad (IRI), Deflectometría y Tiempo de Espera En Cola (TEC) En Las Concesiones de Carreteras En Operación 2018-2019*.
- OSITRAN. (2020). Informe de Medición y Evaluación de Niveles de Servicio de la concesión Autopista del Sol: Trujillo - Sullana. *Servicio de Consultoría Para La Medición y Evaluación de Niveles de Servicio, Rugosidad (IRI), Deflectometría y Tiempo de Espera En Cola (TEC) En Las Concesiones de Carreteras En Operación 2018-2019*.
- Pradena, M. (2006a). Análisis de regularidad superficial en caminos pavimentados. *Revista de La Construcción*, 5(2), 16–22.
- Pradena, M. (2006b). Análisis de regularidad superficial en caminos pavimentados. *Revista de La Construcción*, 5(2), 16–22.
- Romero, G., & Quispe, S. (2020). *Conservación Vial por Niveles de Servicio*.
- Sánchez, F. (2014). Sobre el índice de estado en los contratos de la tercera generación de concesión de carreteras nacionales. *Cámara Colombiana de La Infraestructura*.
- Sanchez, I., & Solmniac, H. De. (1989). El IRI : un indicador de la regularidad superficial. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 6, 1–16.
- Vargas, A., & Ulate, A. (2014). Evaluación de caminos no pavimentados por medio del Rugosímetro III. In *Universidad de Costa Rica* (Vol. 5, Issue 56). Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales.
- Zúñiga, L. (2016). El diseño legal de las concesiones cofinanciadas en el Perú. *Ciclo de Derecho Administrativo*.