



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“EVALUACIÓN DEL IRI EN EL CARRETERA NO PAVIMENTADA  
EMP. PE-3S (DV. KISHUARA) - EMP. PE-3S (ALFAPATA), DEL KM  
680+000 AL KM 732+950, EN LA REGIÓN APURIMAC”**

**PARA OPTAR MI TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**BACH. CABANILLAS INFANTES JOSÉ RAÚL**

**ASESOR**

**ING. QUISPE SOTO EDDY IVAN**

**HUACHO - PERÚ**

**2019**

**“EVALUACIÓN DEL IRI EN EL CARRETERA NO PAVIMENTADA  
EMP. PE-3S (DV. KISHUARA) - EMP. PE-3S (ALFAPATA), DEL KM  
680+000 AL KM 732+950, EN LA REGIÓN APURIMAC”**



---

**ING. QUISPE SOTO EDDY IVAN**

**ASESOR DE TESIS**

**“EVALUACIÓN DEL IRI EN EL CARRETERA NO PAVIMENTADA  
EMP. PE-3S (DV. KISHUARA) - EMP. PE-3S (ALFAPATA), DEL KM  
680+000 AL KM 732+950, EN LA REGIÓN APURIMAC”**

**JURADO DE TESIS**



---

**ING. OSORIO OSORIO MARIO ALBERTO**

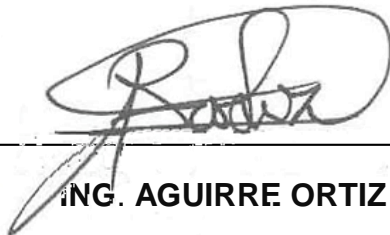
**PRESIDENTE**



---

**ING. BARRENECHEA ALVARADO JULIO CESAR**

**SECRETARIO**



---

**ING. AGUIRRE ORTIZ ROMAN**

**VOCAL**

## **DEDICATORIA**

A Dios, porque es el ser superior que alumbra mi camino siendo la máxima expresión de mi fe que ha hecho posible lograr mi objetivo y a mis Padres por el esfuerzo y sacrificio que han realizado para hacer realidad mi sueño de ser Profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

“A Dios por ser la luz que ilumina mi camino y a mis Padres : el apoyo brindado para llegar a ser una buena profesional servicio de la Sociedad, A mi Asesor por el apoyo recibido el desarrollo de mi Tesis.

# INDICE

DEDICATORIA.....	
AGRADECIMIENTO.....	
RESUMEN.....	1
ABSTRAC .....	1
INTRODUCCION.....	3
1. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	4
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.2.1. PROBLEMA GENERAL .....	6
1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS .....	6
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	7
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	7
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	7
2. CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	8
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION .....	8
2.2. BASES TEORICAS .....	9
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	21
2.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS .....	24
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL .....	24
2.4.2. HIPOTESIS ESPECIFICAS .....	24
3. CAPITULO III: METODOLOGÍA .....	25
3.1. DISEÑO METODOLÓGICO .....	25

3.1.1. TIPO.....	25
3.1.2. ENFOQUE.....	25
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	26
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES .....	28
3.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	30
3.4.1 TÉCNICAS EMPLEADAS .....	30
3.4.2. DESCRIPCION DE LOS INSTRUMENTOS.....	31
3.5. TÉCNICAS PARA PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	32
4. CAPITULO IV: RESULTADOS, DICUSIÓN .....	34
4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	34
4.2. ANALISIS, DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	75
4.3. CONTRASTACION DE LAS HIPOTESIS.....	75
5. CAPITULO V:CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	81
5.1. DISCUSIÓN.....	81
5.2. CONCLUSIONES .....	81
5.3. RECOMENDACIONES.....	83
6. CAPITULO VI: FUENTES DE INFORMACIÓN .....	84
6.1. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS .....	84
ANEXOS.....	93
01. MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	86
02.BASE DE DATOS Y PROCESAMIENTO .....	88

## LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Perfil longitudinal real de una carretera</i> .....	10
<i>Figura 2- Modelo de cuarto de carro</i> .....	12
<i>Figura 3- Escala estándar Banco Mundial para clasificar los caminos</i> .....	15
<i>Figura 4- Índice Medio Diario Anual</i> .....	36
<i>Figura 5- Estación Dv. Kishuará – Variación Horaria</i> .....	37
<i>Figura 6- Estación Dv. Kishuará – Variación Diaria</i> .....	37
<i>Figura 7- Estación Dv. Kishuará – Conteo Vehicular</i> .....	38
<i>Figura 8- Estación Dv. Kishuará – Distribución Tipo de Vehículo</i> .....	38
Figura 9- Niveles de servicio para calzada con Afirmado.....	39
<i>Figura 10- Rugosímetro Electrónico (ROUGHOMETER III)</i> .....	41
Figura 11-Calibración Acelerómetro (1) .....	42
Figura 12- Calibración Acelerómetro (2) .....	42
Figura 13-Calibración Acelerómetro (3) .....	42
Figura 14-Calibración Acelerómetro (4) .....	43
Figura 15-Calibración Acelerómetro (5) .....	43
Figura 16-Calibración Acelerómetro (6) .....	43
Figura 17- Instalación del Equipo DMI .....	45
Figura 18-Calibración de Odómetro .....	46
Figura 19- GPS instalado.....	47
Figura 20- Módulo de Interfaz instalado.....	47
Figura 21- Controlador de mano del Rugosímetro .....	48



Figura 22- Carretera Emp PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) .....	49
Figura 23- Inicio del tramo Emp Pe-3s (Dv. Kishuara) .....	49
Figura 24- Fin del tramo Emp. PE-3S (Alfapata) .....	50
Figura 25- Evaluación del IRI del viernes 01 de junio del 2018 .....	53
Figura 26- Evaluación del IRI del 01 de septiembre del 2018 .....	56
Figura 27- Evaluación del IRI del 15 de septiembre del 2018 .....	59
Figura 28- Evaluación del IRI del 29 de septiembre del 2018 .....	62
Figura 29- Evaluación del IRI del 15 de octubre del 2018 .....	65
Figura 30- Variación Del IRlc antes y después de la Recarga .....	67
Figura 31- Variación Del IRlc después de la Recarga.....	72
Figura 32- Variación de Velocidad después de la Recarga .....	73
Figura 33- Variación de la Velocidad .....	74
Figura 34- Variación Del IRlc en el tiempo.....	76

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1/ Tabla de Valores Parámetros para modelo "Golden Car" .....	13
Tabla 2/ Tabla de Clasificación de equipos de medición de IRI de pavimento .....	17
Tabla 3/ Tabla de Operacionalización De Variables e Indicadores .....	28
Tabla 4/ Evaluación del IRI del viernes 01 de junio del 2018 .....	51
Tabla 5/ Evaluación del IRI del 01 de septiembre del 2018.....	54
Tabla 6/ Evaluación del IRI del 15 de septiembre del 2018.....	57
Tabla 7/ Evaluación del IRI del 29 de septiembre del 2018.....	60
Tabla 8/ Evaluación del IRI del 15 de octubre del 2018 .....	63
Tabla 9/ Variación del IRI antes y después de la Recarga .....	66
Tabla 10/ Valores del IRIc en las mediciones programadas.....	68
Tabla 11/ Variación porcentual del IRIc en las mediciones programadas .....	69
Tabla 12/ Categorías Índice de Rugosidad Internacional.....	77
Tabla 13/ Categorías Índice de Rugosidad Internacional de las Evaluaciones .....	78
Tabla 14/ Condición del Índice internacional de Rugosidad .....	79

## RESUMEN

**Objetivo:** Se ha demostrado que el IRI (Índice internacional de Rugosidad) varía a medida que transcurre el tránsito por la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950. **Métodos:** La población estuvo constituida por 27 vehículos y la muestra por 25 vehículos de acuerdo al muestreo aleatorio simple, se utilizó el instrumento de conteo vehicular. La confiabilidad de los instrumentos fue validada de manera adecuada. **Resultados:** Los resultados muestran que la transitabilidad de la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950 se refleja en los valores del IRI, al realizar la recarga de material en una el IRI mejora y se reduce al 33.2 % de su valor inicial, el deterioro de la calzada tiene implicancia en la velocidad de los carros, la cual disminuye en un 9.5 % debido al deterioro de la calzada. **Conclusión:** el IRI (Índice internacional de Rugosidad) aumenta su valor con el transcurrir del tránsito en una razón de 10.8 % sobre su valor anterior mensual. La contrastación de las Hipótesis mediante el procesamiento de datos muestra que la hipótesis planteada está acorde con lo obtenido en la investigación.

**Palabras Claves:** Índice Internacional de Rugosidad, Evaluación Pavimento, Recarga de Material, Rugosímetro III.

## ABSTRAC

**Objective:** It has been shown that the IRI (International Index of Roughness) varies as traffic passes through the unpaved road Emp. PE-3S (Dv. Kishuara) - Emp. PE-3S (Alfapata) between km 680 + 000 to km 732 + 950. **Methods:** The population was

constituted by 27 vehicles and the sample by 25 vehicles according to simple random sampling, the vehicle counting instrument was used. The reliability of the instruments was validated in an adequate manner. **Results:** The results show that the trafficability of the unpaved road Emp. PE-3S (Dv. Kishuara) - Emp. PE-3S (Alfapata) between km 680 + 000 to km 732 + 950 is reflected in the IRI values, when performing the material recharge in an IRI improves and reduces to 33.2% of its initial value, the deterioration of the roadway has implications for the speed of cars, which decreases by 9.5% due to road deterioration. **Conclusion:** the IRI (International Index of Roughness) increases its value with the passing of traffic in a ratio of 10.8% over its previous monthly value. The testing of the hypotheses through data processing shows that the proposed hypothesis is consistent with what was obtained in the investigation.

**Key Words:** International Index of Roughness, Pavement Evaluation, Material Recharge, Roughmeter III.

## **INTRODUCCION**

El propósito de las evaluaciones realizadas en el presente informe es el de cuantificar el deterioro que se generan en las carreteras, esto debido principalmente al tránsito despreciando los fenómenos naturales u otros que afecten a la obtención de este indicador.

La evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), que se realizó en este corredor vial se puede realizar en cualquier otra carretera existente, el campo de aplicación de esta evaluación se realiza actualmente en la gran mayoría de concesiones de obra viales para asegurar buenas condiciones de transitabilidad para los usuarios.

La presente Tesis contiene lo siguiente:

Capítulo I : Planteamiento del problema

Capítulo II : Marco Teórico

Capítulo III : Metodología

Capítulo IV : Resultado

Capítulo V : Discusión, Conclusiones y Recomendaciones

Capítulo VI : Fuentes de información

ANEXOS : Base de datos y procesamiento de Información

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Actualmente en el Perú se ha tercerizado la concesión de redes viales, esto debido al déficit que se tenía en la infraestructura vial. En ese sentido, la concesión de redes viales, es un medio de privatización que tiene por objeto la administración de los bienes públicos mediante el uso, aprovechamiento, explotación de la infraestructura existente o construcción de obras nuevas de los bienes del dominio público por un plazo determinado.

Sin embargo, al concesionario dentro de sus obligaciones contractuales se le exige cumplir con determinado nivel de calidad y servicio de la vía en concesión. De esta manera el estado peruano asegura que el concesionario mantenga en un buen estado la vía y cumpla correctamente con su servicio.

Estas obligaciones contractuales vienen estipuladas en los términos de referencia del contrato, en la cual exige que se cumplan los llamados “Niveles de Servicio”, estos niveles de servicio comprenden diferentes variables tales como calzada, drenaje, señalización elementos de seguridad, estructuras viales, y zonas laterales (derecho de vía). Dentro de estas variables una de las más importantes es el tema calzada, en este ítem se evalúa el IRI, esta evaluación del IRI consiste en determinar la rugosidad de la vía en concesión, el valor obtenido debe de ser menor a lo que se estipula en los términos

de referencia, si se cumple lo anterior entonces la entidad que en este caso es el Ministerio de Transportes y Comuniones no aplicará ninguna penalidad a la concesionaria.

De lo explicado anteriormente podemos afirmar que el IRI constituye en la actualidad uno de los controles de serviciabilidad más importantes, debido a que puede relacionarse con el nivel de comodidad, seguridad y costos de operación y, por lo tanto, facilita la cuantificación de los beneficios que obtiene el usuario. Aproximadamente desde 1992 en la recepción de obras de construcción y rehabilitación de vías, aplicando el IRI característico como metodología de control. Posteriormente, con el inicio de las concesiones Arequipa – Matarani y la red vial N° 5, se dio inicio a la utilización del IRI como mecanismo de control de redes concesionadas estableciendo como metodología de control el IRI promedio. A partir de la implementación de las especificaciones técnicas generales para la construcción de las carreteras EG-2000, se establecieron para el país controles de recepción del IRI en función al tipo de superficie construido: *“2.0 m/Km para mezcla asfáltica en caliente y lechadas asfálticas, 2.5 m/Km para tratamientos superficiales y 3.0 m/Km para pavimentos de concreto hidráulico.”* (MTC, 2013, pág. 724)

La ecuación matemática del cálculo del IRI se desarrolló considerando las desviaciones con respecto a una superficie plana teórica (llana y no sinuosa), en la cual un vehículo podría transitar a 80 km/h. En tal sentido, considerando el fuerte trazo sinuoso y los fuertes cambios en la pendiente longitudinal necesarios para poder atravesar las cadenas montañosas que caracterizan la geografía peruana, es notorio indicar que existe

una influencia, la cual dificulta que los procesos constructivos aseguren que los valores de rugosidad estén por debajo de los umbrales admisibles. (MTC, 2013, pág. 724)

En tal sentido, la presente tesis se evaluará el IRI de la carretera no pavimentada Emp. Pe-3S (Dv. Kishuara)- Emp. Pe-3S (Alfapata), del km 680+000 al km 732+950, en la región Apurímac.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

En función a la descripción de la realidad problemática, los problemas fueron formulados de la siguiente manera:

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿De qué manera el IRI (Índice internacional de Rugosidad) varía a medida que transcurre el tránsito por la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS**

¿De qué manera la medición del IRI refleja el estado o condición de transitabilidad en una carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950?



¿Cómo mejora el IRI después de la recarga de 10 cm de material granular en la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950?

¿Cómo se refleja la variación de velocidad de los vehículos después de la recarga de material en la en una carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950?

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

En base a los problemas formulados, los objetivos de la presente Tesis fueron formulados de la siguiente manera:

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la variación del valor del IRI (Índice internacional de Rugosidad), en la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Determinar el estado o condición de la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950 a partir de los datos del IRI.

Comparar y determinar cómo mejora el IRI después de la recarga de 10 cm de material granular en la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950.

Determinar la variación de velocidad de los vehículos después de la recarga de material en la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION**

En su estudio: Procesamiento de Datos, Diseño y Construcción de un Analizador Electrónico de Rugosidad de Pavimentos, ha logrado implementar y probar el correcto funcionamiento de un sistema analizador de rugosidad de pavimentos, contando con diseños de hardware y software para la facilidad de adquisición de datos, fácil manejo del equipo, portabilidad, bajo costo para su reproducción, y sobre todo que se adecua a los requerimientos de las empresas que analizan la rugosidad y transitabilidad de un pavimento. (Cárdenas Cruz, 2007)

En su estudio: Determinación del índice de rugosidad internacional de pavimentos usando el perfilómetro romdas z-250, trata sobre el estudio de la regularidad superficial de los pavimentos, específicamente los de concreto asfáltico; además se profundiza en

la nivelación, calibración y puesta en marcha del equipo ROMDAS Z-250 y obtención del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), el cual se determinó con la ayuda de programas de análisis de perfiles de rodadura. (Onofre Calderón, Sánchez Pérez, & Santiago Viana, 2008)

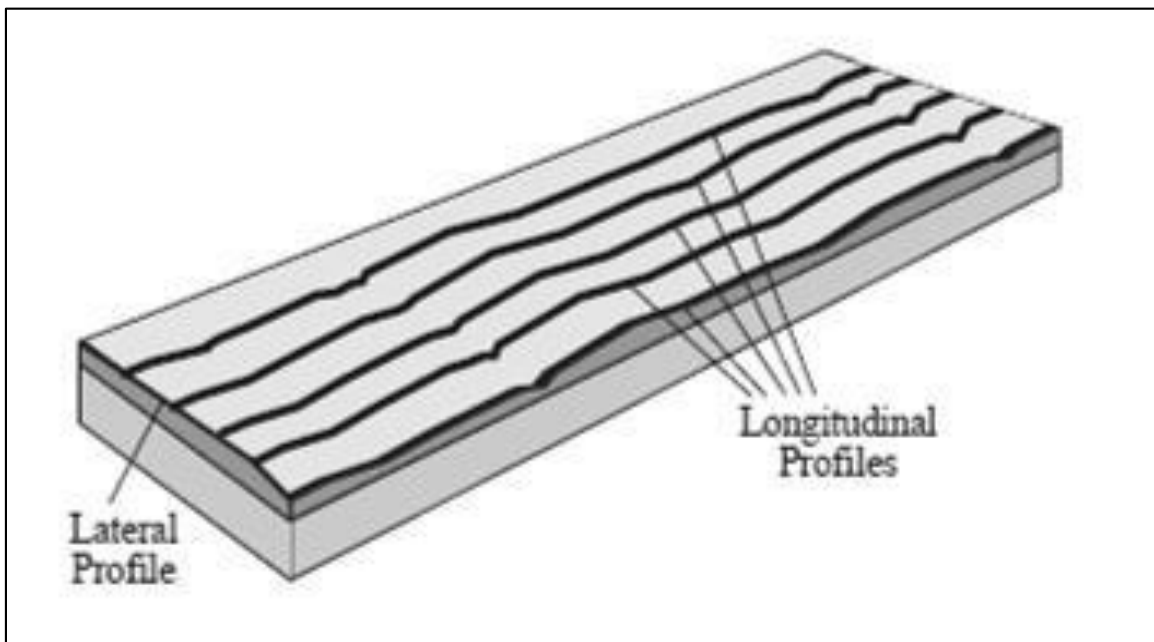
Según su estudio que realizó, hizo un análisis para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú, donde tomó temas importantes y de realidad nacional. Empezó por definir el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), hizo comentarios y analizó los contratos actuales entre la entidad y el contratista o concesionario. Dando como conclusiones por qué varía los valores del IRI, y las tolerancias que debería de tener la entidad hacia las empresas. (Montoya Goicochea, 2013)

Realizó una serie de mediciones en diferentes tramos de la ciudad de Huánuco, utilizó dos metodologías diferentes para poder comprobar los resultados. Las metodologías fueron las siguientes: La primera fue la ROADROID, la cual se realiza con un Smartphone o teléfono inteligente, el cual tiene todo lo necesario para calcular el IRI (un procesador, GPS, un acelerómetro, memoria y recolección de datos). La segunda metodología fue PROVAL, este es un software que permite analizar perfiles, este software dispone de filtros que eliminan datos muy por encima de la media. Posteriormente, se muestran los resultados comparándoles y hallando una semejanza en los valores del IRI, concluyendo que los dos métodos son veraces. (Vidal Asencios, 2016)

## **2.2. BASES TEORICAS**

Las teorías que se tomarán en cuenta en la presente investigación son las siguientes:

**ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)**, el concepto de rugosidad está definido como la desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de manejo, cargas dinámicas y el drenaje, por ejemplo, el perfil longitudinal, perfil transversal. (ICC Laser y KJ Law, 1988)



**Figura 1 - Perfil longitudinal real de una carretera**

Fuente: (ICC Laser y KJ Law, 1988), "The Little Book of Profiling: Basic information about measuring and interpreting road profiles", USA-University of Michigan

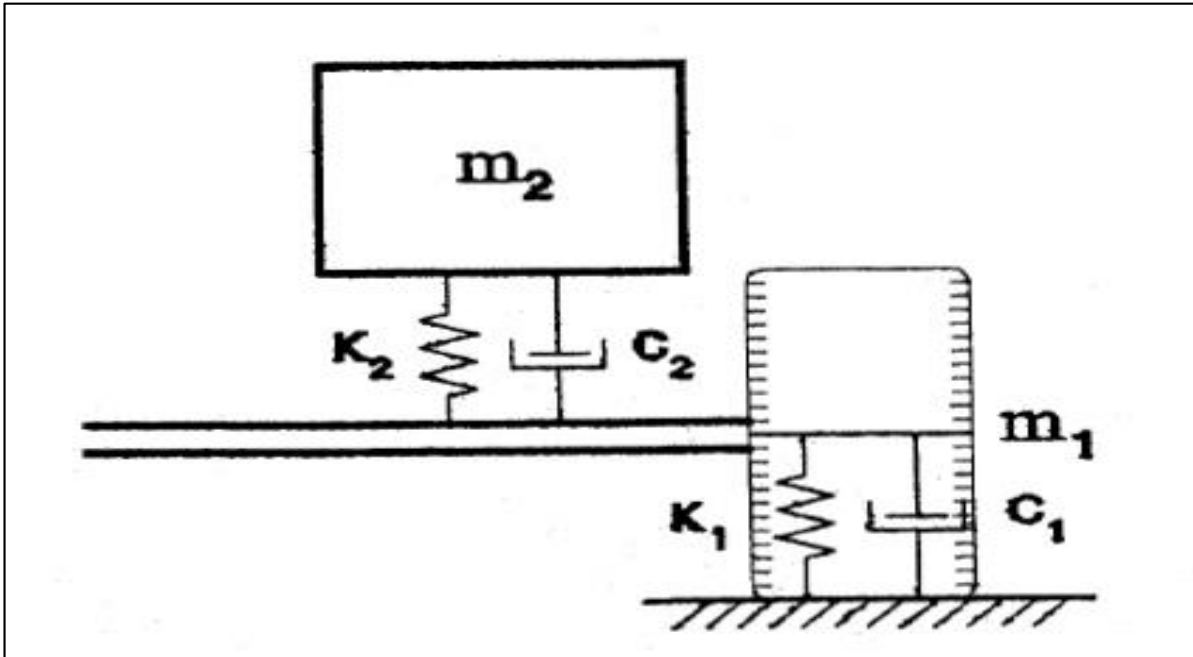
En la década de los 70's, el Banco Mundial financió diferentes programas de investigación a gran escala, entre los cuales se encontraba un proyecto relacionado con la calidad de las vías y los costos a los usuarios, a través del cual se detectó que los datos de regularidad superficial de diferentes partes del mundo no podían ser

comparados. Aún datos de un mismo país no eran confiables, debido a que las mediciones fueron realizadas con equipos y métodos que no eran estables en el tiempo.

Con el objetivo de relacionar y unificar los parámetros que se utilizaban en ese entonces en diferentes países para determinar la regularidad superficial de las carreteras, se realizó en Brasil en 1982, el proyecto International Road Roughness Experiment (IRRE), promocionado por el Banco Mundial; en el cual participaron equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica. En este proyecto se realizó la medición controlada de la regularidad superficial de pavimentos para vías bajo diferentes condiciones y con una variedad de instrumentos y métodos. A partir de dicho proyecto, se seleccionó un parámetro de medición de la regularidad superficial denominado Índice de Regularidad Internacional (IRI, International Roughness Index). (ICC Laser y KJ Law, 1988), “T

Al respecto, la definición teórica del IRI se estableció de la siguiente manera: *“El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie de camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la rugosidad del camino en un auto de pasajeros típico, está definido por el valor de referencia del pendiente promedio rectificadas producto de la simulación del modelo de cuarto de carro, para una velocidad de desplazamiento de 80 km/h”*. En tal sentido, podemos señalar que el IRI se estableció a partir de conceptos asociados a la mecánica vibratoria de los sistemas dinámicos, todo ello, en base a un modelo que simuló el movimiento de la suspensión acumulada por un vehículo al circular por una determinada longitud de perfil de la carretera, a una velocidad estándar de 80 km /hr.; esta hipótesis descrita es conocida como el “Modelo de cuarto de carro”. (ICC Laser y KJ Law, 1988)

**EL MODELO DE CUARTO DE COCHE Y GOLDEN CAR**, para confeccionar la definición del IRI, los expertos del Banco Mundial crearon, en los años 80, un modelo denominado “cuarto de coche” o “Quarter Car”, que simulaba la 4ª parte de un coche, y que constaba de los siguientes parámetros para la definición del IRI:



**Figura 2- Modelo de cuarto de carro**

Fuente: (ICC Laser y KJ Law, 1988), “The Little Book of Profiling: Basic information about measuring and interpreting road profiles”, USA-University of Michigan

**Parámetros:**

L= Longitud de cálculo del IRI

v= Velocidad de circulación del vehículo

m1= Masa inferior

m2= Masa superior o suspendida

K1= constante de rigidez de la suspensión primaria (entre el pavimento y la masa inferior), es decir del neumático

K2= constante de rigidez de la suspensión secundaria (entre la masa inferior y la masa superior) es decir la suspensión del vehículo

C1= constante de amortiguación de la suspensión primaria

C2= constante de amortiguación de la suspensión secundaria

### Tabla 1

*Tabla de Valores Parámetros para modelo "Golden Car"*

---

LOS VALORES DE ESTOS PARÁMETROS, PARA EL "GOLDEN CAR"

---

L	100 m
v	80 km/h
$m_1/m_2$	0.15
$k_2/m_2$	63.3
$c_2/m_2$	6.0
$k_1/m_2$	653
$c_1/m_2$	0

---

Fuente: (ICC Laser y KJ Law, 1988), "The Little Book of Profiling: Basic information about measuring and interpreting road profiles", USA-University of Michigan

**CÁLCULO DEL IRI**, en la norma de ensayo ASTM E 867-06, se define el concepto de Roughness como: desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de

manejo, cargas dinámicas y el drenaje, por ejemplo, el perfil longitudinal, perfil transversal. La norma que hace referencia a la naturaleza y medición del IRI es la NLT-330/98. (ICC Laser y KJ Law, 1988)

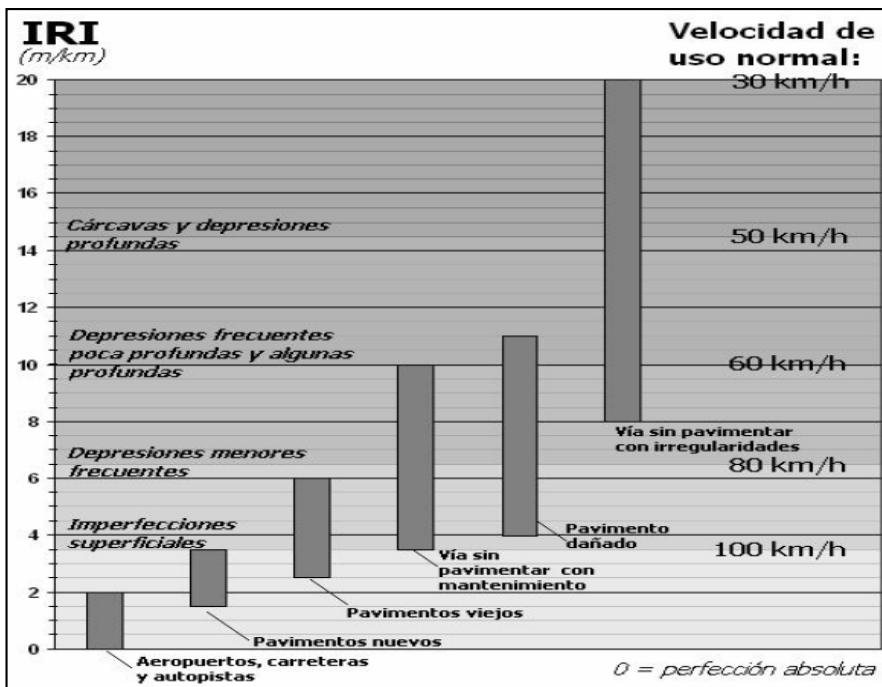
Para el cálculo del valor del IRI, en grandes líneas, se procede en dos pasos: Inicialmente se miden las cotas del terreno, lo que nos permite elaborar un perfil longitudinal de la carretera. Los datos de este perfil se someten a un primer filtro, que mediante adecuaciones matemáticas (media móvil), genera un nuevo perfil corregido. A este perfil corregido se le aplica un segundo filtro, consistente en la aplicación del modelo de cuarto de coche desarrollado anteriormente. (ICC Laser y KJ Law, 1988)

Finalmente, se define el IRI como el sumatorio de distancias medidas, en módulo sobre la horizontal, para la distancia considerada. En módulo quiere decir que computan tanto los aumentos como disminuciones de cota sobre la horizontal → al fin y al cabo ambos desplazamientos suponen una variación en la vertical de la masa suspendida. En definitiva, hemos llegado a la conclusión de que el IRI no es más que el valor del movimiento vertical acumulado del asiento del conductor del vehículo a lo largo de una distancia dada. Resulta, por ello, instintivo, pensar que, a mayor irregularidad en el firme, los desplazamientos verticales sobre la horizontal teórica, y, consecuentemente, el valor del IRI, serán mayores → el valor del IRI será mejor cuanto más nos acerquemos a la superficie plana teórica, teniendo en cuenta que este concepto es utópico, ya que se necesita un mínimo de rugosidad para garantizar la adherencia rueda-pavimento. (ICC Laser y KJ Law, 1988)

**ESCALA DE MEDICIÓN PARA EL IRI**, el IRI es un parámetro cuyas unidades pueden ser m/Km, mm/m o in/mi. Usualmente va de 0 a 12, pero puede llegar hasta 20 m/km. En



la figura 4 se muestran los valores del IRI y las características del camino según corresponda. Se ha llegado a la conclusión de que el IRI no es más que el valor del movimiento vertical acumulado del asiento del conductor del vehículo a lo largo de una distancia dada. Resulta por ello instintivo pensar que, a mayor irregularidad en el pavimento, los desplazamientos verticales sobre la horizontal teórica y consecuentemente el valor del IRI, serán mayores. Entonces, el valor del IRI será mejor cuanto más nos acerquemos a la superficie plana teórica, teniendo en cuenta que este concepto es utópico, ya que se necesita un mínimo de rugosidad para garantizar la adherencia rueda-pavimento. (ICC Laser y KJ Law, 1988)



**Figura 3- Escala estándar Banco Mundial para clasificar los caminos**

Fuente: (Badilla Vargas, 2009) Adaptado de UMTRI Research Review

**CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS PARA LA MEDICIÓN DEL IRI**, existen una gran variedad de equipos para la medición de la Rugosidad, entre estos equipos hay algunos

que por medio de procedimientos se obtiene el valor de IRIC, este valor es el exigido dentro de los términos de referencia en los contratos con las concesionarias. Los diversos métodos existentes fueron agrupados en cuatro categorías, en base a la exactitud en los valores resultantes del IRI. (ICC Laser y KJ Law, 1988)

**Tabla 2**

*Tabla de Clasificación de equipos de medición de IRI de pavimento.*

CLASIFICACIÓN DE EQUIPO	CLASIFICACIÓN SEGÚN BANCO MUNDIAL, BOLETÍN TÉCNICO N° 46	CLASIFICACIÓN SEGÚN ASTM E-950-98	
Clase 1	<b>Perfilómetros de precisión.</b> Requiere que el perfil longitudinal de un camino sea medido como una serie de puntos de elevación equidistantes a través de la huella o rodера de la vía para calcular el IRI. Esta distancia no debería superar los 0.25 mm y la precisión en la medición de la elevación debería de ser 0.5 mm para pavimentos que posean valores de IRI entre 1 y 3 m/km para pavimentos con valores de IRI entre 10 y 20 m/km.	Menor o igual a 25 mm	Menor o igual a 0.1 mm
Clase 2	<b>Otros métodos perfilométricos.</b> Requieren una frecuencia de puntos de perfil, no superior a 0.5 m y una precisión en la medición de la elevación comprendida entre 1.0 mm para pavimentos que posean valores de IRI entre 1 y 3 m/km y 6.0 mm para pavimentos con valores de IRI entre 10 y 20 m/km.	Mayor que 25 mm. Hasta 150 mm	Mayor que 0.1 mm. Hasta 0.2 mm.
Clase 3	<b>IRI estimado mediante ecuaciones de correlación.</b> La obtención del perfil longitudinal se hace mediante equipos tipo respuesta (RTRRM), los cuales han sido calibrados previamente con perfilómetros de precisión mediante ecuaciones de correlación.	Mayor que 150 mm. hasta 300 mm.	Mayor que 0.2 mm. Hasta 0.5 mm.
Clase 4	<b>Estimaciones subjetivas y mediciones no calibradas.</b> Incluyen mediciones realizadas con equipos no calibrados, estimaciones subjetivas con base en la experiencia en la calidad de viaje o inspecciones visuales de las carreteras.	Mayor que 300 mm	Mayor que 0.5 mm

Fuente: (ICC Laser y KJ Law, 1988), "The Little Book of Profiling: Basic information about measuring and interpreting road profiles", USA-University of Michigan,

**EQUIPO PERFILÓMETRO LASER**, el perfilómetro láser es un equipo basado en la medida de distancias por medio de láser y acelerómetros inerciales, preparado para registrar los perfiles longitudinales y transversales de las carreteras, así como para tomar simultáneamente datos de textura. Las mediciones se realizan con el vehículo circulando totalmente integrado en el tráfico. En la actualidad existen versiones que pueden realizar mediciones con velocidades de circulación menores a 20 km/h sin que pueda generarse alteración alguna de los resultados. (ICC Laser y KJ Law, 1988)

**EQUIPO PERFILÓGRAFO CALIFORNIA**, el Perfilógrafo california permite obtener el perfilograma o perfil longitudinal de la superficie de rodadura y determinar a partir de él el índice de perfil de pavimento. El equipo se encuentra formado por un arco metálico rígido, unos carros de carga ubicados en los extremos del marco, una llanta sensora neumática y una consola de registro. Las pruebas consisten en medir las irregularidades en la superficie mediante el registro de datos de variaciones entre la rueda principal central respecto a las ruedas de apoyo que forman una línea recta referencial, estas variaciones son registradas dentro de un perfilograma; cabe indicar que los tramos de medición no deben de ser menores a 200 metros. (ICC Laser y KJ Law, 1988)

**EQUIPO BUMP INTEGRATOR**, el Bump Integrator es uno de los diversos dispositivos disponibles en el mercado los cuales son conocidos también como dispositivos del tipo respuesta o Response-type Road Roughness Measuring System(RTRRMS). Estos, van montados sobre la carrocería de un vehículo con un dispositivo adherido al eje posterior y conectado a través de un cable. Las variaciones (movimientos hacia arriba y hacia

abajo) entre el eje posterior y la carrocería son cuantificadas para un intervalo de longitud las cuales representan a las variaciones diferenciales de las masas  $m_1$  y  $m_2$  que forman parte de la teoría de la ecuación del cuarto de coche mencionado anteriormente. Para la recolección de datos, el vehículo se desplaza sobre la superficie a evaluar a una velocidad constante de 40 km/h donde las irregularidades que puedan presentarse producirán movimientos perpendiculares, estos movimientos son interpretados y cuantificados mediante un dispositivo contador, cuyo valor es recolectado para una posterior conversión a unidades de IRI (m/Km) mediante una ecuación de correlación. Para esta correlación es necesaria la comparación de resultados entre el Bump Integrator y algún equipo de clase I o II en las conocidas pistas de calibración. (ICC Laser y KJ Law, 1988)

**EQUIPO ROUGHOMETER III**, el Roughometer II (así como el Bump Integrator) es un dispositivo clasificado dentro de la Clase III por poseer tecnología de funcionamiento calificado dentro de los dispositivos del tipo respuesta o Response-Type Road Roughness Measuring System(RTRRMS). El equipo está conformado por los siguientes dispositivos: uno portátil denominado controlador, mediante el cual se administra la ejecución de la medición y el almacenamiento digital de la información; este dispositivo está conectado con el sensor de rugosidad y el odómetro rotatorio mediante el módulo de interfaz. Tanto el controlador como el módulo de interfaz van instalados en la cabina, mientras que el sensor de rugosidad va instalado en el eje posterior del vehículo, cercano a la rueda izquierda. Conforme el vehículo recorre la vía a una velocidad uniforme entre 50 a 60 km/hr, el sensor de rugosidad percibe las vibraciones inducidas al eje, como

consecuencia de la calidad de rodado, las cuales son enviadas mediante codificación al controlador, el que se encarga de almacenar la información. La bondad de este dispositivo, es que posterior al procesamiento de los datos en un ordenador, entrega los resultados en escala IRI; sin embargo, estos resultados deberán ser ajustados a una curva de ajuste mediante una ecuación de correlación, debido a que por norma todo resultado obtenido por un equipo de clase III, deberá ser correlacionado con los resultados de un dispositivo de clase mayor. (ICC Laser y KJ Law, 1988)

**EQUIPO MERLIN**, el Merlín o MERLÍN (acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation) es un equipo desarrollado por el Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL), cuyo diseño se basa en el principio del perfilómetro estático. El Merlín es un equipo que consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Uno de los elementos verticales es una rueda donde una vuelta de la rueda es 2.15 m. En la parte central del elemento horizontal se proyecta una barra vertical cuyo extremo inferior pivota un brazo móvil; en el extremo inferior, se ubica un patín empernado ajustable mientras que en el extremo superior se ubica el puntero, siendo la relación de brazo entre los segmentos pivote-extremo, de 1:10. En cada vuelta de la rueda se realiza una observación de acuerdo a la posición del puntero hasta completar las 200 observaciones. (ICC Laser y KJ Law, 1988)

Para relacionar la rugosidad determinada con el Merlín con el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), que es el parámetro utilizado para uniformizar los resultados

provenientes de la gran diversidad de equipos que existen en la actualidad, se utilizan las siguientes expresiones:

- a. Cuando  $2.4 < IRI < 15.9$ , entonces  $IRI = 0.593 + 0.0471 D$
- b. Cuando el  $IRI < 2.4$ , entonces  $IRI = 0.0485 D$

### **2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

En la presente investigación se van a utilizar los siguientes términos:

#### **AFIRMADO**

Capa compactada de material granular natural o procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables.

#### **CARRETERA**

Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

#### **CARRETERA NO PAVIMENTADA**

Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

## **CARRIL**

Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

## **CONCESIÓN**

Otorgamiento de la ejecución y explotación de determinadas obras de infraestructura o la prestación de determinados servicios por un plazo establecido.

## **CORREDOR VIAL**

Conjunto de dos o más rutas continuas que se conforman con una finalidad específica.

## **ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)**

Volumen promedio del tránsito de vehículos en ambos sentidos durante 24 horas de una muestra vehicular (conteo vehicular), para un período anual.

## **TÉRMINOS DE REFERENCIA**

Documento que elabora la Entidad Contratante, con la finalidad de establecer los objetivos, alcances, características técnicas, productos esperados y demás condiciones requeridas para la prestación de un servicio de consultoría a contratar.

## **NIVELES DE SERVICIO**

Indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su



condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad. Los indicadores son propios a cada vía y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.

## **PAVIMENTO**

Estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y rodadura.

## **RED VIAL**

Conjunto de carreteras que pertenecen a la misma clasificación funcional (Nacional, Departamental o Regional y Vecinal o Rural).

## **TRÁNSITO**

Actividad de personas y vehículos que circulan por una vía

## **TRANSITABILIDAD**

Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo.

## **2.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

En base a los problemas y objetivos, las Hipótesis de la presente Tesis fueron formuladas de la siguiente manera:

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Existe un aumento en el valor del IRI, en la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950. Debido al aumento del tránsito.

### **2.4.2. HIPOTESIS ESPECIFICAS**

La condición de transitabilidad de la carretera si se refleja realmente en los valores obtenidos con la medición de la Rugosidad.

El IRI mejora considerablemente con la recarga de 10 cm de material granular.

La recarga de material ocasiona un aumento de la velocidad en los vehículos que recorren por la carretera no pavimentada.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. DISEÑO METODOLÓGICO**

##### **3.1.1. TIPO**

El tipo de investigación es experimental, analítico y longitudinal. El método que se empleará para la investigación será:

**Descriptivo**, se evaluó el IRI en varias oportunidades en la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950 con la finalidad de determinar su variación bajo ciertas condiciones.

##### **3.1.2. ENFOQUE**

El tipo de enfoque de la investigación será cuantitativo, este enfoque se debe a que la investigación tendrá las siguientes características en su desarrollo, plantea un problema concreto, la recolección de datos se fundamenta en la medición, se analizan los resultados en base a métodos estadísticos, busca regularidades y relaciones que expliquen un fenómeno u objeto, utiliza la lógica o el razonamiento deductivo, Pretende identificar leyes universales y causales, la búsqueda cuantitativa ocurre en la realidad externa al individuo.

En el desarrollo de la presente investigación se utilizaron los siguientes métodos:

## **HISTORICO**

Permitió conocer la evolución histórica que han tenido en el espacio y en el tiempo las evaluaciones del IRI en la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950 y el procesamiento del mismo para determinar sus valores.

## **DESCRIPTIVO**

Se empleó para conocer los elementos que conforman tanto el IRI como sus componentes de la evaluación, la velocidad con la que se recorre la carretera, y las condiciones de transitabilidad de la vía referenciada en los valores obtenidos.

## **ANALITICO**

Se utilizó para analizar los elementos que conforman la evaluación del IRI, para poder obtener resultados a partir de la base de datos, la cual se tuvo que realizar en hojas de cálculo de un software; esto permitió razonar y obtener indicadores de su variación a través del tiempo.

### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **POBLACIÓN**

La población en este caso estará conformada por el tránsito que transcurre sobre la carretera a estudiar, para lo cual se definirá con el Índice Medio Diario Anual (IMDA): el cual se refiere al volumen promedio del tránsito de vehículos en ambos sentidos durante 24 horas de una muestra vehicular (conteo vehicular), para un período anual. El valor obtenido es (IMDa = 27 veh/día)

## MUESTRA

Para determinar el tamaño de la muestra se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 N p q}{E^2 (N-1) + Z^2 p q}$$

Donde:

- $n$  = Tamaño de la muestra
- $N$  = Población
- $P$  y  $q$  = parámetros estadísticos de la población (cuando son desconocidos se le asigna  $p = 0,50$  y  $q = 0,50$ )
- $E$  = Margen de error admitido 5%, considerado por el investigador
- $Z$  = Número de desviaciones estándar con respecto a  $p$ . Para un 95% de confianza  $z = 1,96$

Se asignarán los siguientes valores:

- $N = 27$
- $n = ?$
- $E = 0.05$
- $p = 0.5$
- $q = 0.5$
- $Z = 1.96$

La Muestra calculada para una población total de 27 veh/día es de: 25 veh/día

De esto nos demuestra que el IRI será calculado a partir del tráfico generado por 25 vehículos que recorren la carretera diariamente.

### 3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES

**Tabla 3**

*Tabla de Operacionalización De Variables e Indicadores*

Problema	Objetivos	Variables	Indicador	Operacionalización de Variables			
				Escala de medición	Categorías	Valores de las categorías	Medio de Verificación
¿De qué manera el IRI (Índice internacional de Rugosidad) varía a medida que transcurre el tránsito por la carretera no pavimentada Emp PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata)	Determinar el estado o condición de la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950 a partir de los datos del IRI.	Índice de Rugosidad Internacional	Valores resultantes después del procesamiento de la medición.	Ordinal	Excelente	< 2 m/km	Roughometer III
					Bueno	< 4 m/km	
	Comparar y determinar cómo mejora el IRI después de la recarga de 10 cm de material granular en le carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950.	Condición	Comparación de valores antes y después de la recarga de material	Ordinal	Regular	< 8 m/km	Registro de las evaluaciones.
					Malo	< 10 m/km	
					Pésimo	> 10 m/km	
					Mejora	< -10% IRI	
					Se mantiene	± 10% IRI	
					Empeora	>+10% IRI	

entre el km 680+000 al km 732+950? Determinar la variación de velocidad de los vehículos después de la recarga de material en la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950.

Velocidad	Aumento o disminución en la velocidad de los vehículos.	Razón	20 al 80 km/h	-	Velocímetro
-----------	---	-------	---------------	---	-------------

---

Fuente: Elaboración Propia

### **3.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.4.1 Técnicas Empleadas**

Las Técnicas que se utilizaron en la presente investigación serán las siguientes:

**INFORMACIÓN INDIRECTA**, recopilación de las informaciones existentes en fuentes bibliográficas (para analizar temas generales sobre la investigación) recurriendo a las fuentes originales en lo posible: éstas pueden ser en libros, revistas especializadas, periódicos escritos por autores expertos.

**MÉTODO ANALÍTICO**, método que será utilizado en la presente investigación, esencialmente al momento del procesamiento de la información recopilada, durante la primera etapa del proyecto, la misma que una vez seleccionada, se extraerán los elementos fundamentales para fundamentación de nuestros objetivos e hipótesis de trabajo.

**LA OBSERVACIÓN DIRECTA**, esta técnica permitirá describir la actividad realizada en campo para validar datos obtenidos con los instrumentos.

**MÉTODO ESTADÍSTICO**, método utilizado desde el momento en que se recoge la información, así como cuando se trabajó con la Población y la determinación de la Muestra. De igual manera para la elaboración de los Resultados y Discusión, para la tabulación y elaboración de cuadros estadísticos, de los datos recogidos.



**MÉTODO DEDUCTIVO**, método que será empleado en la elaboración de las conclusiones y recomendaciones. Respecto a las conclusiones, para determinar los resultados del proceso de investigación y para ser coherente con lo estudiado. Respecto a las recomendaciones, a fin de proyectarse a futuro y que la propuesta presentada sea aprovechada para enriquecer el conocimiento sobre el tema bajo investigación.

### **3.4.2. DESCRIPCION DE LOS INSTRUMENTOS**

Se emplearán los siguientes instrumentos en la realización de esta investigación:

**ROUGHOMETER III**, el Roughometer III proporciona una técnica sencilla para la evaluación de la calidad de las carreteras. La unidad ahora tiene la ventaja agregada de una unidad integrada del GPS y de la capacidad de recoger sobre 8.000 millas de datos.

El Roughometer III es un dispositivo de rugosidad tipo respuesta, que cumple con los requisitos de la Clase 3 del Banco Mundial. A diferencia de otros dispositivos de esta clase, el Roughometer III elimina las incertidumbres asociadas con el vehículo, como la suspensión del vehículo o el peso del pasajero, midiendo directamente el movimiento del eje con un acelerómetro de precisión. Esto significa que el Roughometer III no necesita ser calibrado experimentalmente para producir verdaderos resultados del Índice Internacional de Rugosidad (IRI). Una vez que se ha realizado una encuesta, el software de procesamiento Roughometer III permite que los datos se formateen en gráficos, tablas y mapas personalizados.

Algunas de sus aplicaciones serían:

- Proporcionar datos objetivos para una verdadera evaluación del nivel de rugosidad de la carretera Objetivamente.

- Comparar y analizar qué carreteras necesitan reparación.
- Seguimiento de tendencias de deterioro de la aspereza.

Sus componentes son:

- Roughometer controlador de mano
- Módulo de interfaz
- Módulo inercial y soportes de montaje
- Instrumento de medición de distancia (DMI)
- Antena GPS con base magnética
- Cables de alimentación para vehículos y cable de comunicaciones USB
- Software de procesamiento de Roughometer

### **3.5. TÉCNICAS PARA PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Para el análisis de datos obtenidos se seguirá el siguiente procedimiento:

Medición de la carretera con el equipo Roughometer III

Conteo de los vehículos para el cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA).

La información obtenida se ordenará y sistematizará adecuadamente conforme a criterios y parámetros elegidos por el estudio.

Para el procesamiento de los datos se usarán los siguientes procedimientos estadísticos:

Cálculo de los valores a través del Software del Roughometer III.

Cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA) a través de hojas de cálculo Excel.

Cálculos la variación medidas de tendencias central como la media aritmética, la Mediana y la Moda.

Cálculo de medidas de dispersión como el rango y la desviación estándar.

### Contrastación y validación de las Hipótesis

Se hará de manera directa, estableciendo una correspondencia entre el enunciado de las hipótesis específicas y la realidad.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS, DISCUSIÓN**

#### **4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

En el presente capítulo se muestra y analiza los resultados obtenidos generados por el desarrollo de las diferentes actividades realizadas en campo, en primer lugar, se tuvo que definir el Índice medio Diario (IMD) de la carretera en estudio para poder concluir con la fórmula de correlación que nos permitirá obtener conclusiones.

De acuerdo a la información recolectada en una semana de la cantidad y tipo de vehículos que transcurren por la carretera en estudio, se pudo definir el promedio de estos. Seguido se evaluó la carretera con el Equipo Roughometer III, antes de cualquier intervención y se obtuvo el Índice Internacional de Rugosidad Característico (IRIc), esta evaluación se programó después de realizar una Recarga de Material Granular tipo afirmado en la carretera. Se realizó 4 evaluaciones con un periodo de 15 días entre cada evaluación. A continuación, se presenta los resultados obtenidos en todo el proceso para finalmente realizar un comparativo entre cada evaluación.

#### **I. ÍNDICE MEDIO DIARIO (IMD)**

En el presente estudio de tráfico se ha llevado a cabo para evaluar el flujo vehicular y las características del mismo, en el tramo que conforma la carretera no pavimentada Emp PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950.

**TRABAJOS DE CAMPO CONTEO VEHICULAR**, el conteo vehicular se realizó observando los parámetros establecidos en el Manual para Estudio de Tráfico de la

Oficina General de Presupuesto y Planificación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (OPP-MTC). El conteo se realizó anotando el paso de cada vehículo y por hora, llenando un formato especial. Las tareas de conteo se realizaron ininterrumpidamente las 24 horas del día, desde el inicio al fin en el plazo establecido en siete días continuos para cada locación. Cada ubicación elegida permitía una visibilidad adecuada y reunía los requisitos logísticos necesarios para llevar adelante esta tarea.

**TRABAJOS DE GABINETE PROCESAMIENTO,** Como es conocido que los volúmenes de tráfico varían cada mes debido a los diferentes períodos que se presentan en el año ocasionado por las cosechas, festividades, variación de clima, movimiento y extracción de determinados productos. Cuando las variaciones tienen cierto comportamiento estadístico, se acostumbra a usar unos factores que correlacionan unos períodos con otros, para este caso se utilizó el promedio simple de los días en campo.

### **ESTACIÓN DV. KISHUARÁ**

Conteo Total de vehículos en esta estación se obtuvieron los siguientes resultados:

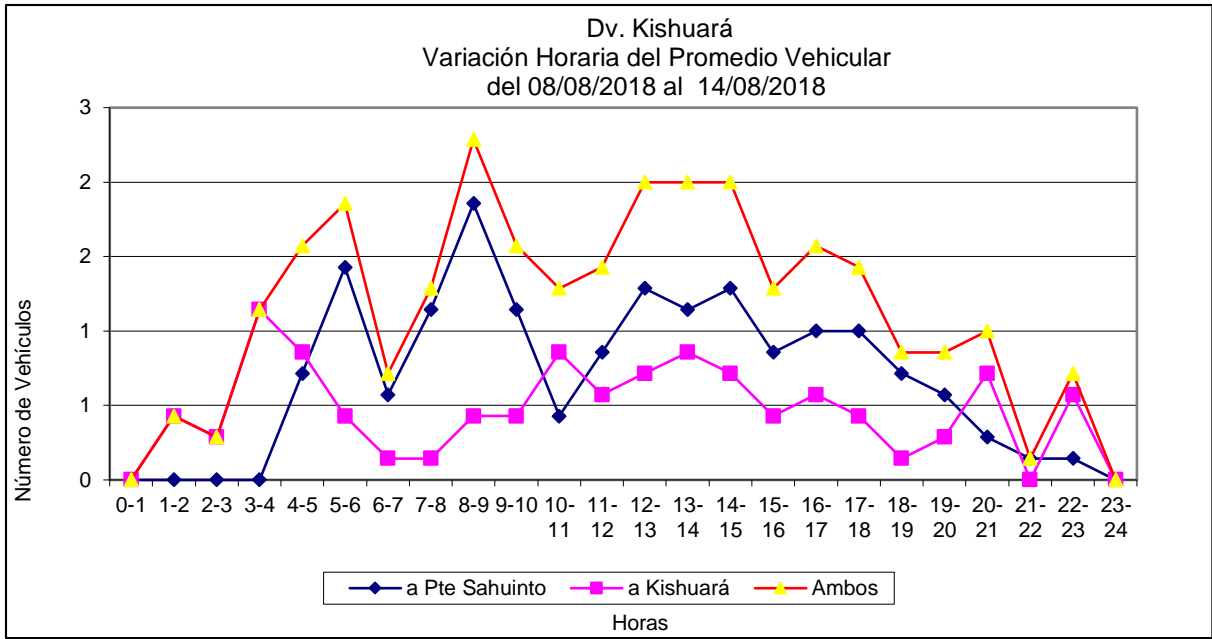
**El Índice Medio Diario Anual,** En la Tabla 04 se muestra el Índice Medio Diario determinado para la estación **DV. KISHUARÁ** ( $IMDa = 27 \text{ veh/día}$ ) y la composición vehicular correspondiente.

<b>TRAFICO VEHICULAR</b>				
<b>Clasificación Estación Dv. Kishuará</b>				
<b>(Veh/día)</b>				
<b>Tipo de Vehículos</b>	<b>IMDa a Pte Sahuinto</b>	<b>IMDa a Kishuará</b>	<b>IMDa Total</b>	<b>Distrib. %</b>
Autos	0	0	0	0.98%
S. Wagon	4	3	6	22.51%
Pick Up	3	2	6	21.04%
Panel	0	0	0	0.00%
Camioneta	1	1	1	3.91%
Micro	0	0	0	0.00%
Omnibus 2E	0	0	0	0.00%
Omnibus 3E	0	0	0	0.00%
Omnibus 4E	0	0	0	0.00%
Camion 2E	5	4	9	33.11%
Camión 3E	1	1	2	7.60%
Camion 4E	0	0	0	0.00%
Semitrayles 2S2	0	0	0	0.00%
Semitrayles 2S3	0	0	0	0.00%
Semitrayles 3S2	0	0	0	0.54%
Semitrayles 3S3	2	1	3	10.31%
Traylers 2T2	0	0	0	0.00%
Traylers 2T3	0	0	0	0.00%
Traylers 3T2	0	0	0	0.00%
Traylers 3T3	0	0	0	0.00%
<b>TOTAL IMD</b>	<b>16</b>	<b>11</b>	<b>27</b>	<b>100.00</b>

**Figura 4- Índice Medio Diario Anual**

Fuente: Elaboración Propia

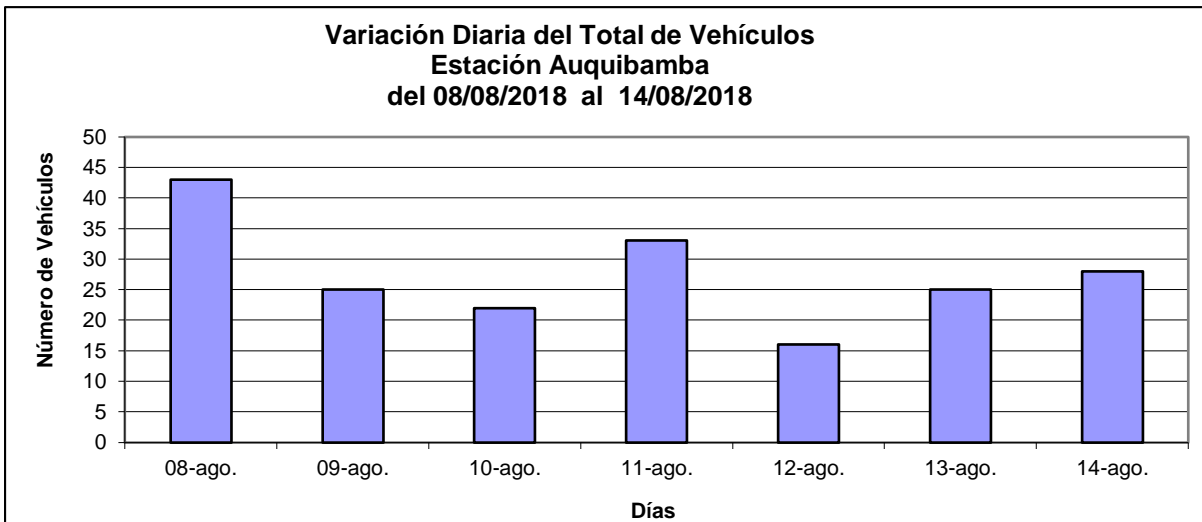
**Análisis de la variación Horaria**, el volumen horario empieza a incrementar desde las 03.00 horas para alcanzar la hora punta de la mañana entre las 08:00 a 09:00 horas con el 8.25% del flujo total detectado, al medio día se observa entre las 12.00 a 13.00 horas un 7.22% del flujo vehicular y alcanza la hora punta de la tarde de 13:00 a 14:00 y de 14:00 a 15:00 horas con el 7.22% del flujo vehicular.



**Figura 5- Estación Dv. Kishuará – Variación Horaria**

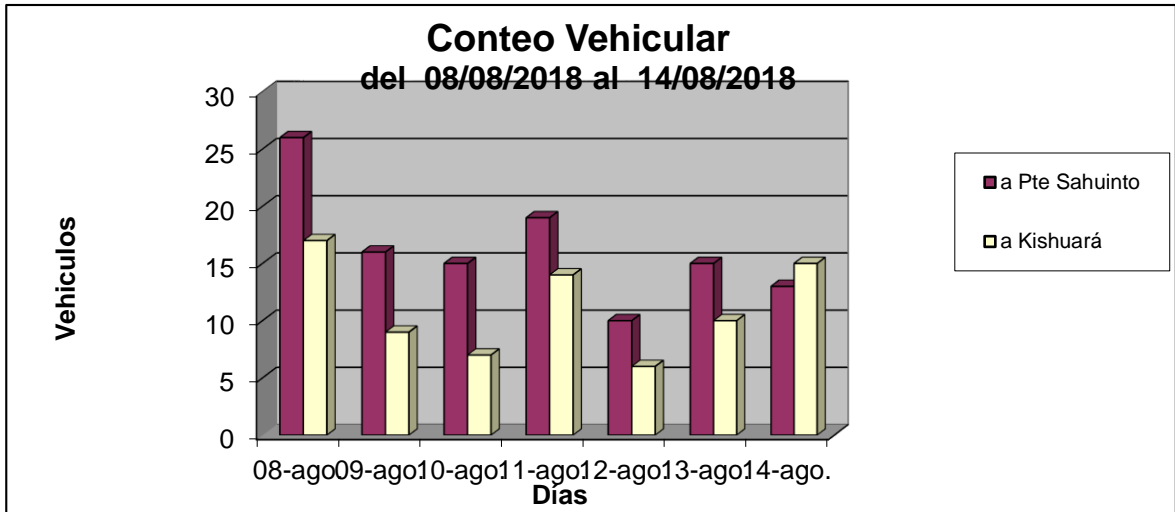
Fuente: Elaboración Propia

**Análisis de la variación Diaria**, el mayor volumen de tráfico se presentó el día miércoles 08 de agosto con 43 vehículos y el menor el día domingo 12 de agosto con 16 vehículos.



**Figura 6- Estación Dv. Kishuará – Variación Diaria**

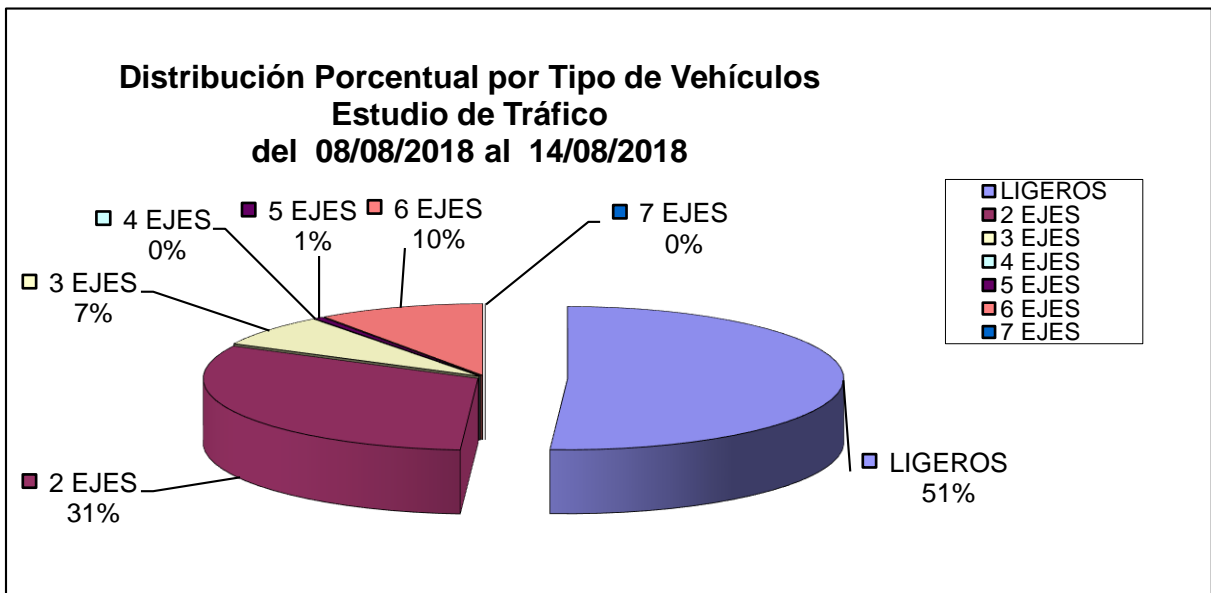
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 7- Estación Dv. Kishuará – Conteo Vehicular**

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la composición del tipo del Flujo Vehicular, El Flujo Vehicular actual en la vía es fundamentalmente por vehículos ligeros con 51.03%, en el rubro de vehículos pesados con 48.97%, destacan los vehículos de 2 ejes con un 31.44% del total del flujo vehicular, 7.22% de vehículos de 3 ejes y 9.79% de 6 ejes.



**Figura 8- Estación Dv. Kishuará – Distribución Tipo de Vehículo**

Fuente: Elaboración Propia



## II. CÁLCULO DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

La medición de IRI se realizó de acuerdo a las consideraciones del Manual de Carreteras - Mantenimiento o Conservación Vial, obteniendo el IRI característico, de acuerdo al grado de confiabilidad determinado por el IMD de los tramos evaluados. Las mediciones se realizaron sin tener en consideración las alteraciones que producen las gibas, pontones, puentes, badenes y puntos críticos u otro elemento ajeno a la superficie de rodadura. El IRI característico se definió basado en la siguiente expresión:

$$IRI_c = IRI_p + Z_R * d_s$$

Donde,

$IRI_c$  : IRI característico

$IRI_p$  : IRI promedio

$d_s$  : Desviación Estándar

De acuerdo al factor de correlación empleado  $Z_R$ , se cumplirá que el 70% del pavimento experimentará una rugosidad igual o menor al IRI característico.

Parámetro	Medida	Nivel de Servicio
Deformación	Porcentaje máximo de área con deformaciones mayores 50 mm.	5%
Erosión	Porcentaje máximo de área con erosión mayor a 50 mm	10%
Baches (Huecos)	Porcentaje máximo de área con baches (huecos)	0%
Encalaminado	Porcentaje máximo de área con encalaminado	10%
Lodazal y cruce de agua	Porcentaje máximo de áreas con lodazal y cruces de agua	5%
Rugosidad obras nuevas	Rugosidad característica del tramo obra nueva	5.0 $IRI_c$ (*)
Rugosidad con mantenimiento periódico	Rugosidad característica del tramo con mantenimiento periódico	6.0 $IRI_c$ (*)
Rugosidad durante el periodo de servicio	Rugosidad característica del tramo en periodo de servicio	8.0 $IRI_c$ (*)

(\*)  $IRI_c$  IRI característico ( $IRI_c$ ), a la confiabilidad de 70%

$IRI_c = IRI_p + 0.524 \times d_s$

$IRI_p =$  IRI promedio

$d_s =$  desviación estándar

**Figura 9- Niveles de servicio para calzada con Afirmado**

Fuente: (MTC, 2013, pág. 326)

La Ecuación de correlación que se usará para la obtención del IRIc:

$$IRI_C = IRI_P + 0.524 * d_s$$

Donde,

IRI<sub>C</sub> : IRI característico

IRI<sub>P</sub> : IRI promedio

d<sub>s</sub> : Desviación Estándar

### III. EVALUACIÓN DEL IRI EN CAMPO

La evaluación del IRI se realizó en 5 oportunidades, la primera evaluación se realizó antes de los trabajos de Recarga de material Afirmado y las siguientes 04 evaluaciones se realizaron en periodos de 15 días a modo de control. El procedimiento de la evaluación es el mismo en todas las oportunidades, el describe a continuación:

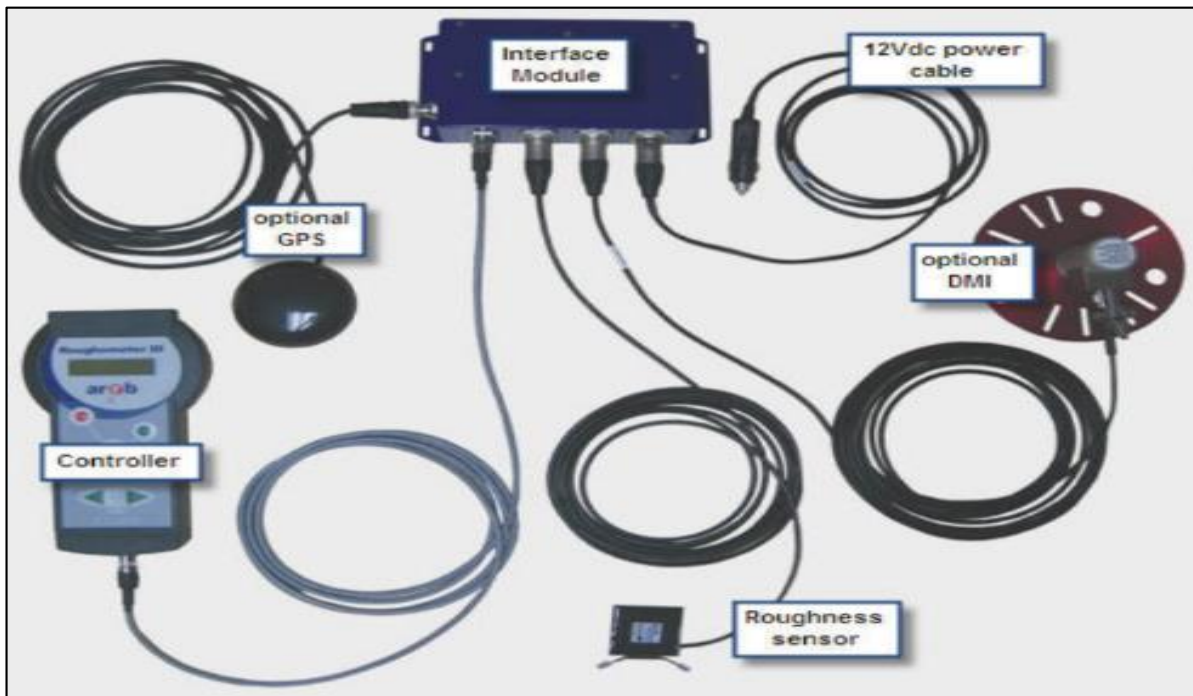
**ARMADO DEL EQUIPO**, se empleó el equipo denominado Roughometer III. Este rugosímetro es un dispositivo portátil, fácil de instalar y económico que ofrece resultados altamente confiables. El Roughometer III es clasificado por el Banco Mundial como de Clase 3, aunque en realidad supera las especificaciones de la categoría. Si bien es un dispositivo de medición del tipo respuesta, este rugosímetro elimina las incertidumbres asociadas al vehículo, como la suspensión o el peso del pasajero, al medir directamente el movimiento del eje con un acelerómetro de precisión.

El sistema puede utilizarse tanto en carreteras pavimentadas como sin pavimentar y es capaz de recopilar hasta 13,000 km de datos. De uso fácil y práctico, el Roughometer

III proporciona una técnica sencilla para la evaluación de la calidad de las carreteras que ahora cuenta además con la ventaja de una unidad GPS integrada.

### COMPONENTES

- Controlador de mano del Rugosímetro.
- Módulo de interfaz
- Sensor inercial y soportes de montaje
- Instrumento de medición de distancias (DMI)
- Antena GPS con base magnética montar



**Figura 10- Rugosímetro Electrónico (ROUGHOMETER III)**

Fuente: Manual del Roughometer III

**INSTALACIÓN DEL ACELERÓMETRO,** Se realiza la calibración de la siguiente manera, para luego ser instalado en el vehículo en el que se realizará la medición.

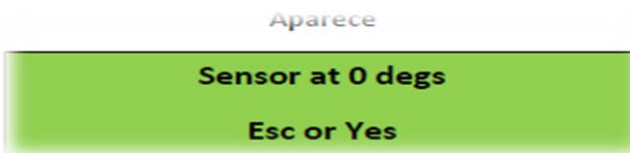
1- Para la calibración del sensor buscamos dentro del vehículo una superficie vertical lo más vertical posible (Por ejemplo: Soporte donde se fija el cinturón de seguridad del conductor, es una de las posiciones más verticales).



**Figura 11-Calibración Acelerómetro (1)**

Fuente: (Grupo ARRB, 2013)

2- Seleccionamos en la pantalla de Calibración del Sensor la opción (“Calibrate Accelerometer Sensor”), utilizando los botones de Desplazamiento.



**Figura 12- Calibración Acelerómetro (2)**

Fuente: (Grupo ARRB, 2013)

3- Presione “YES” para seleccionar la modalidad de calibración del sensor.

4- Sostenemos el sensor contra una superficie vertical con la flecha del sensor apuntando hacia abajo y presione (YES).



**Figura 13-Calibración Acelerómetro (3)**

Fuente: (Grupo ARRB, 2013)

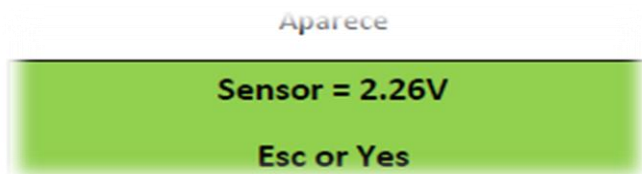
5- Procedemos a girar el sensor 180°, la flecha del sensor queda hacia arriba.



**Figura 14-Calibración Acelerómetro (4)**

Fuente: (Grupo ARRB, 2013)

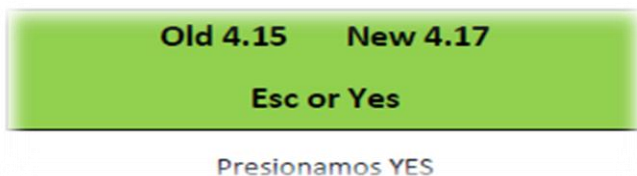
Rote el sensor 180 grados (flecha hacia arriba, y presione YES.



**Figura 15-Calibración Acelerómetro (5)**

Fuente: (Grupo ARRB, 2013)

El voltaje desplegado en pantalla en esta posición debería ser menor que el voltaje mostrado en la posición de 0 grados.



**Figura 16-Calibración Acelerómetro (6)**

Fuente: (Grupo ARRB, 2013)

Una vez ejecutado el procedimiento anterior, aparece el resultado de la última calibración y el de la nueva calibración.

6- Una vez calibrado, procedemos con la instalación en el vehículo del sensor de rugosidad. Para la instalación del sensor de rugosidad debemos conocer si nuestro vehículo es:

- Sin suspensión trasera independiente. (Con barra única)
- Con suspensión trasera independiente. (Con amortiguadores independientes en cada rueda).

**INSTALACIÓN DEL DMI**, primero se realiza la instalación para luego calibrarlo, realizándose de la siguiente manera.

1. El DMI se instaló en la llanta trasera del lado del conductor.
2. Levantamos con un gato hidráulico la llanta trasera del conductor.
3. Colocamos un soporte de torre para mayor seguridad y de maniobras.
4. Dentro de los accesorios viene una serie de extensiones de tuercas que se colocan a las ranas del vehículo para fijarlo.
5. Colocamos 3 tuercas en un carro de seis ranas.
6. Colocamos el plato del DMI junto con las tuercas y fijamos (llave allen) no muy ajustado para poder darle la mejor centralidad al plato del DMI.
7. El sensor DMI tiene una varilla de soporte que se mueve a través de un cojinete fijado a la carrocería del vehículo. La varilla de soporte debe estar lo más vertical posible.
8. Con las gomas plásticas fijamos los cables del DMI para evitar rupturas.



**Figura 17- Instalación del Equipo DMI**

Fuente: Elaboración Propia

**Calibración de Distancia**, luego de instalarlo pasamos a calibrarlo.

1- La calibración de distancia se realizó a 1000 m, en tres pasadas, para hacerla lo más precisa posible y lo más recta posible.

2- Debemos colocar nuestro vehículo en una marca o mojón indicando el inicio de partida.

3- Conducimos el vehículo en nuestro recorrido de los 1000 metros a una velocidad constante.

4- Ejecutamos los siguientes comandos en el rugosímetro:

Cal Odo Sensor  
Yes to Select

Presione **YES** para seleccionar la modalidad de Calibración de Distancia.

Cal. Distance  
1000m Scroll/YES

Si es necesario, utilice los botones de desplazamiento para seleccionar la distancia de calibración y Presione **YES**.

At start point  
Press Start...

Presione **Start/Stop** para iniciar la calibración.

Distance xxx  
Stop at end

5- Disminuimos la velocidad del vehículo al acercarse al final de la pista y lo detenemos precisamente en la marca final. Presione **Start/Stop**.

6- Aparece la siguiente pantalla.

Old 1002 New 1000  
Yes Save or Esc

**Figura 18-Calibración de Odómetro**

Fuente: (Grupo ARRB, 2013)



5- El Rugosímetro se ha calibrado en la distancia.

**INSTALACIÓN DEL GPS**, este equipo se coloca sobre el vehículo para su mejor funcionamiento.



**Figura 19- GPS instalado**

Fuente: Elaboración Propia

**INSTALACIÓN DEL MODULO DE INTERFAZ**, este equipo se instala dentro del vehículo para protegerlo y evitar que sufra daños.



**Figura 20- Módulo de Interfaz instalado**

Fuente: Elaboración Propia

**INSTALACIÓN DEL MODULO DE INTERFAZ**, este equipo se instala dentro del vehículo para protegerlo y evitar que sufra daños.



**Figura 21- Controlador de mano del Rugosímetro**

Fuente: Elaboración Propia

**MEDICIÓN EN CAMPO DE LA CARRETERA**, esto se realiza después de tener el equipo instalado recorriendo carretera no pavimentada Emp PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950.

UBICACIÓN DE LA carretera no pavimentada Emp PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950.



**Figura 22- Carretera Emp PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata)**

Fuente: (Google Maps, 2018)

Inicio de la carretera Emp Pe-3s (Dv. Kishuara), esto inicia en el km 680+000, como muestra de la evaluación.



**Figura 23- Inicio del tramo Emp Pe-3s (Dv. Kishuara)**

Fuente: Elaboración Propia

Final de la carretera Emp Pe-3s (Dv. Kishuara), esto inicia en el km 732+950, como muestra de la evaluación.



**Figura 24- Fin del tramo Emp. PE-3S (Alfapata)**

Fuente: Elaboración Propia

#### IV. PROCESAMIENTO DE DATOS EN GABINETE

##### 1. EVALUACIÓN DEL IRI ANTES DE LA RECARGA DE MATERIAL GRANULAR

###### TIPO AFIRMADO

Se realizó la evaluación el día viernes 01 de junio del 2018, los resultados son los siguientes:

**Tabla 4**

*Evaluación del IRI del viernes 01 de junio del 2018*

IRIc POR KM			
Km Inicial	Km Final	Distancia(m)	IRIc (m/km)
680+000	681+000	1000	13.79
681+000	682+000	1000	13.38
682+000	683+000	1000	12.91
683+000	684+000	1000	13.68
684+000	685+000	1000	13.56
685+000	686+000	1000	13.26
686+000	687+000	1000	13.44
687+000	688+000	1000	12.92
688+000	689+000	1000	13.08
689+000	690+000	1000	13.43
690+000	691+000	1000	13.73
691+000	692+000	1000	12.90
692+000	693+000	1000	13.27
693+000	694+000	1000	13.07
694+000	695+000	1000	12.02
695+000	696+000	1000	14.17
696+000	697+000	1000	13.13
697+000	698+000	1000	13.73
698+000	699+000	1000	13.06
699+000	700+000	1000	12.49
700+000	701+000	1000	13.11
701+000	702+000	1000	12.84
702+000	703+000	1000	12.72
703+000	704+000	1000	14.14
704+000	705+000	1000	13.54
705+000	706+000	1000	12.87

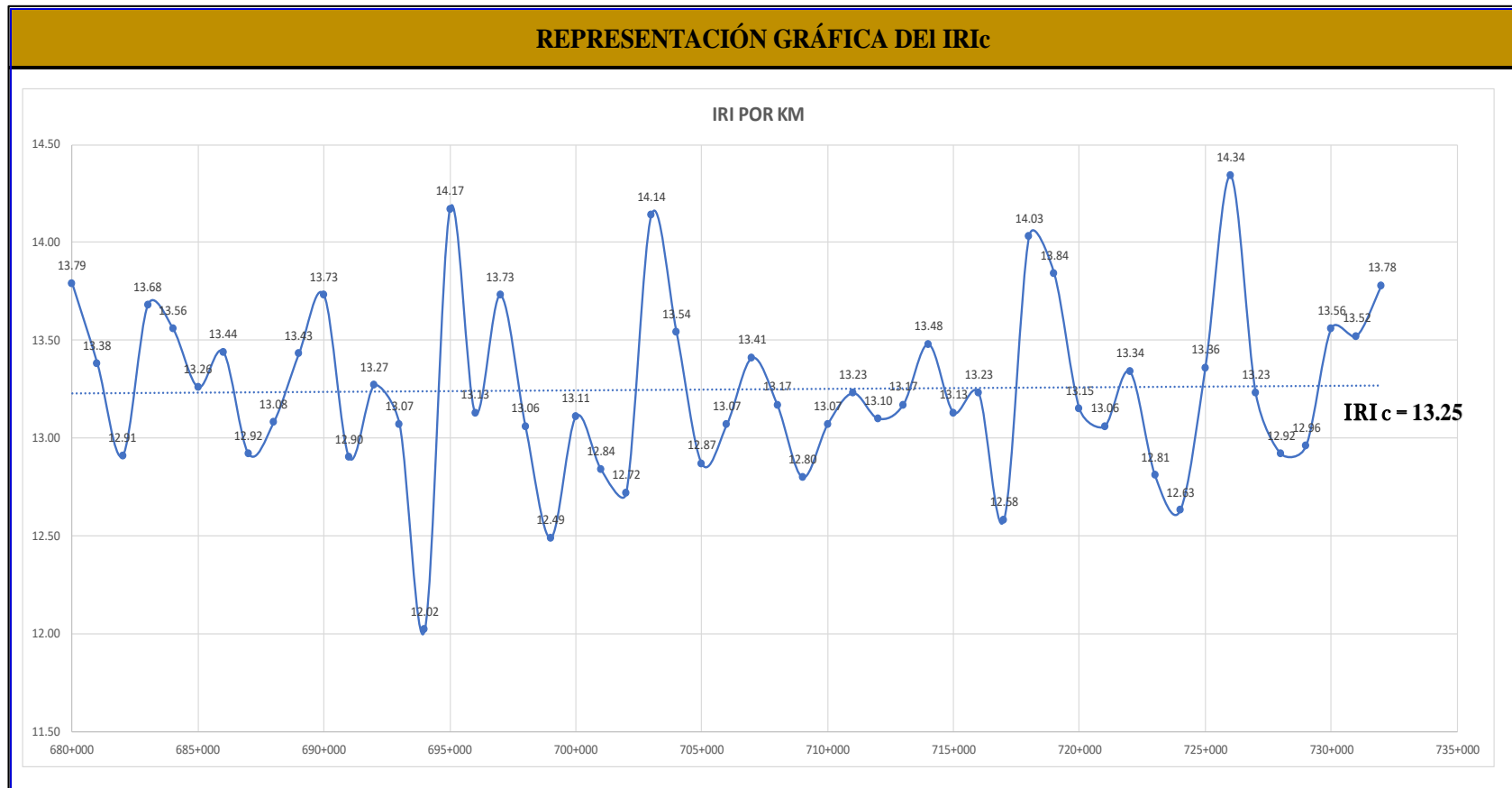
706+000	707+000	1000	13.07
707+000	708+000	1000	13.41
708+000	709+000	1000	13.17
709+000	710+000	1000	12.80
710+000	711+000	1000	13.07
711+000	712+000	1000	13.23
712+000	713+000	1000	13.10
713+000	714+000	1000	13.17
714+000	715+000	1000	13.48
715+000	716+000	1000	13.13
716+000	717+000	1000	13.23
717+000	718+000	1000	12.58
718+000	719+000	1000	14.03
719+000	720+000	1000	13.84
720+000	721+000	1000	13.15
721+000	722+000	1000	13.06
722+000	723+000	1000	13.34
723+000	724+000	1000	12.81
724+000	725+000	1000	12.63
725+000	726+000	1000	13.36
726+000	727+000	1000	14.34
727+000	728+000	1000	13.23
728+000	729+000	1000	12.92
729+000	730+000	1000	12.96
730+000	731+000	1000	13.56
731+000	732+000	1000	13.52
732+000	732+950	950	13.78

Como resumen:

<b>Km Inicial</b>	<b>Km Final</b>	<b>Distancia(m)</b>	<b>IRIc (m/km)</b>
680+000	732+950	52,950	13.25

Fuente: Elaboración Propia

Se presenta la gráfica de la evaluación:



**Figura 25- Evaluación del IRI del viernes 01 de junio del 2018**

Fuente: Elaboración Propia

## 2. PRIMERA EVALUACIÓN DEL IRI DESPUES DE LA RECARGA DE MATERIAL

### GRANULAR TIPO AFIRMADO

Se realizó la evaluación el día viernes 01 de septiembre del 2018, los resultados son los siguientes:

**Tabla 5**

*Evaluación del IRI del 01 de septiembre del 2018*

IRIc POR KM			
Km Inicial	Km Final	Distancia(m)	IRIc (m/km)
680+000	681+000	1000	4.60
681+000	682+000	1000	4.42
682+000	683+000	1000	4.25
683+000	684+000	1000	4.56
684+000	685+000	1000	4.51
685+000	686+000	1000	4.39
686+000	687+000	1000	4.46
687+000	688+000	1000	4.30
688+000	689+000	1000	4.31
689+000	690+000	1000	4.47
690+000	691+000	1000	4.60
691+000	692+000	1000	4.25
692+000	693+000	1000	4.41
693+000	694+000	1000	4.30
694+000	695+000	1000	3.92
695+000	696+000	1000	4.77
696+000	697+000	1000	4.33
697+000	698+000	1000	4.58
698+000	699+000	1000	4.31
699+000	700+000	1000	4.09
700+000	701+000	1000	4.32
701+000	702+000	1000	4.22
702+000	703+000	1000	4.18
703+000	704+000	1000	4.73
704+000	705+000	1000	4.49
705+000	706+000	1000	4.25
706+000	707+000	1000	4.31
707+000	708+000	1000	4.48



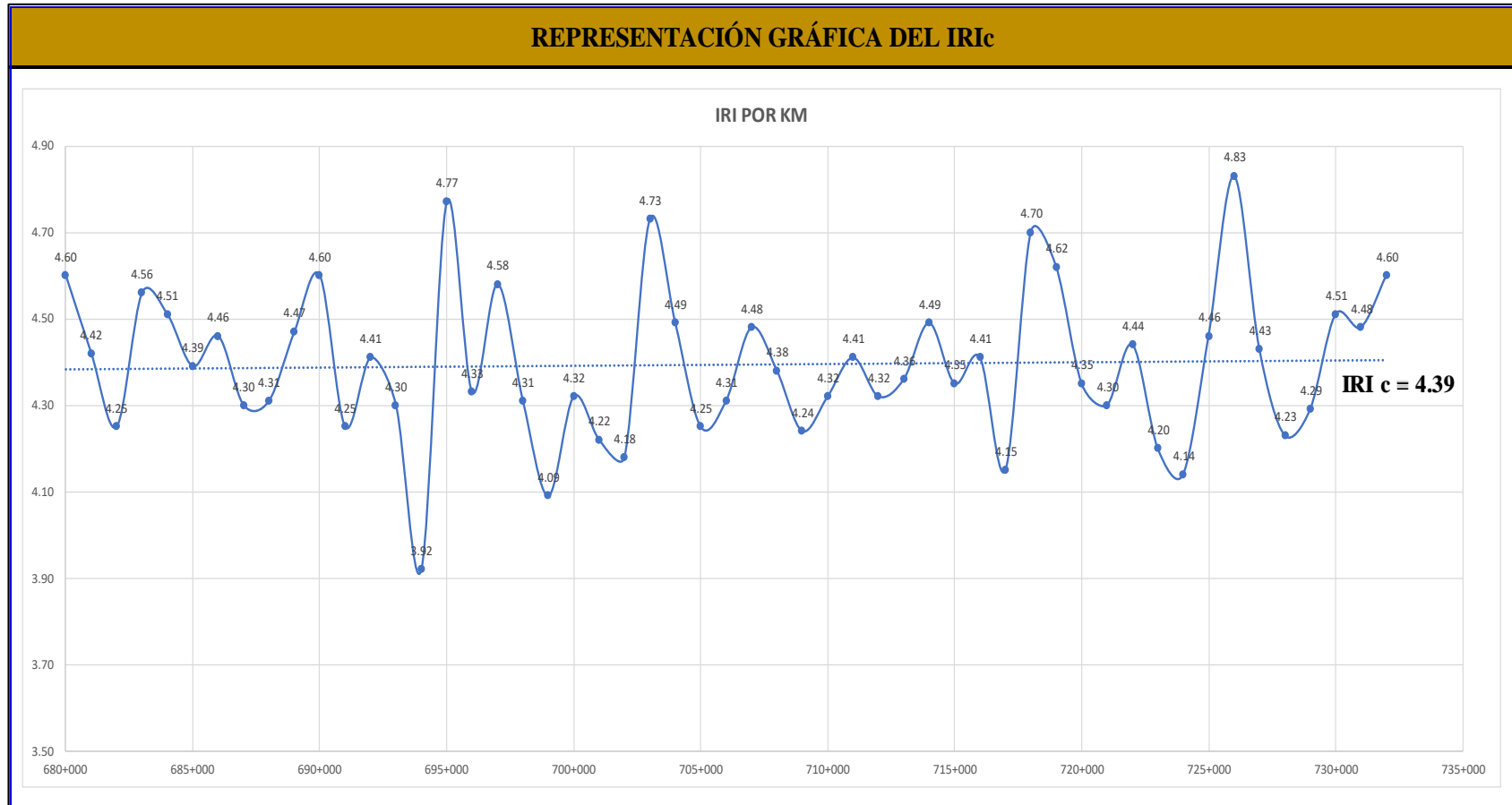
708+000	709+000	1000	4.38
709+000	710+000	1000	4.24
710+000	711+000	1000	4.32
711+000	712+000	1000	4.41
712+000	713+000	1000	4.32
713+000	714+000	1000	4.36
714+000	715+000	1000	4.49
715+000	716+000	1000	4.35
716+000	717+000	1000	4.41
717+000	718+000	1000	4.15
718+000	719+000	1000	4.70
719+000	720+000	1000	4.62
720+000	721+000	1000	4.35
721+000	722+000	1000	4.30
722+000	723+000	1000	4.44
723+000	724+000	1000	4.20
724+000	725+000	1000	4.14
725+000	726+000	1000	4.46
726+000	727+000	1000	4.83
727+000	728+000	1000	4.43
728+000	729+000	1000	4.23
729+000	730+000	1000	4.29
730+000	731+000	1000	4.51
731+000	732+000	1000	4.48
732+000	732+950	950	4.60

Como resumen:

<b>Km Inicial</b>	<b>Km Final</b>	<b>Distancia(m)</b>	<b>IRIc (m/km)</b>
680+000	732+950	52,950	4.39

Fuente: Elaboración Propia

Se presenta la gráfica de la evaluación:



**Figura 26- Evaluación del IRI del 01 de septiembre del 2018**

Fuente: Elaboración Propia

### 3. SEGUNDA EVALUACIÓN DEL IRI DESPUES DE LA RECARGA DE MATERIAL

#### GRANULAR TIPO AFIRMADO

Se realizó la evaluación el día viernes 15 de septiembre del 2018, los resultados son los siguientes:

**Tabla 6**

*Evaluación del IRI del 15 de septiembre del 2018*

IRIc POR KM			
Km Inicial	Km Final	Distancia(m)	IRIc (m/km)
680+000	681+000	1000	5.12
681+000	682+000	1000	4.91
682+000	683+000	1000	4.81
683+000	684+000	1000	5.08
684+000	685+000	1000	5.04
685+000	686+000	1000	4.93
686+000	687+000	1000	4.95
687+000	688+000	1000	4.79
688+000	689+000	1000	4.84
689+000	690+000	1000	4.97
690+000	691+000	1000	5.15
691+000	692+000	1000	4.77
692+000	693+000	1000	4.90
693+000	694+000	1000	4.77
694+000	695+000	1000	4.41
695+000	696+000	1000	5.33
696+000	697+000	1000	4.82
697+000	698+000	1000	5.14
698+000	699+000	1000	4.83
699+000	700+000	1000	4.50
700+000	701+000	1000	4.89
701+000	702+000	1000	4.71
702+000	703+000	1000	4.70
703+000	704+000	1000	5.31
704+000	705+000	1000	4.98
705+000	706+000	1000	4.72

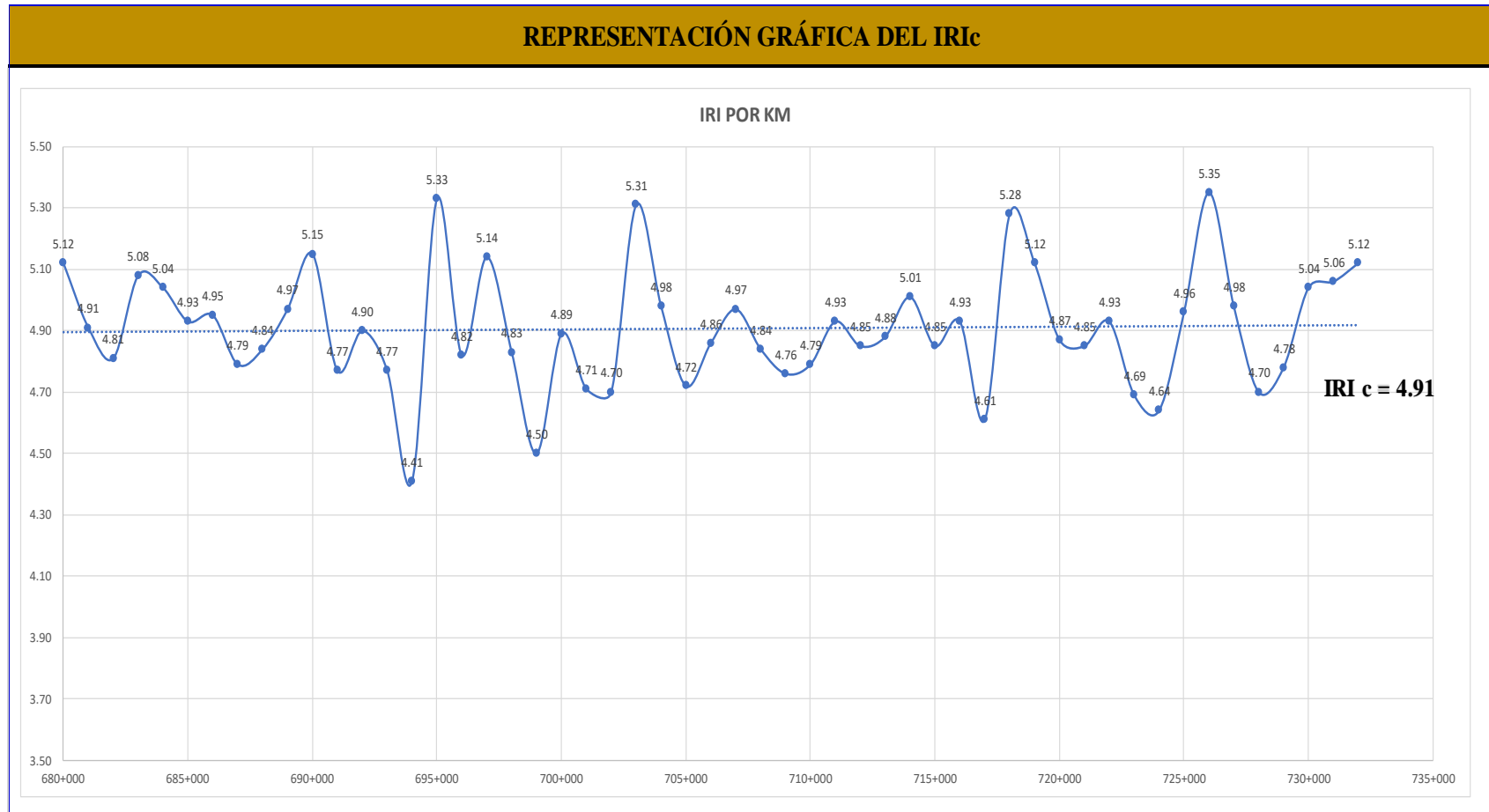
706+000	707+000	1000	4.86
707+000	708+000	1000	4.97
708+000	709+000	1000	4.84
709+000	710+000	1000	4.76
710+000	711+000	1000	4.79
711+000	712+000	1000	4.93
712+000	713+000	1000	4.85
713+000	714+000	1000	4.88
714+000	715+000	1000	5.01
715+000	716+000	1000	4.85
716+000	717+000	1000	4.93
717+000	718+000	1000	4.61
718+000	719+000	1000	5.28
719+000	720+000	1000	5.12
720+000	721+000	1000	4.87
721+000	722+000	1000	4.85
722+000	723+000	1000	4.93
723+000	724+000	1000	4.69
724+000	725+000	1000	4.64
725+000	726+000	1000	4.96
726+000	727+000	1000	5.35
727+000	728+000	1000	4.98
728+000	729+000	1000	4.70
729+000	730+000	1000	4.78
730+000	731+000	1000	5.04
731+000	732+000	1000	5.06
732+000	732+950	950	5.12

Como resumen:

<b>Km Inicial</b>	<b>Km Final</b>	<b>Distancia(m)</b>	<b>IRIc (m/km)</b>
680+000	732+950	52,950	4.91

Fuente: Elaboración Propia

Se presenta la gráfica de la evaluación:



**Figura 27- Evaluación del IRI del 15 de septiembre del 2018**

Fuente: Elaboración Propia

#### 4. TERCERA EVALUACIÓN DEL IRI DESPUES DE LA RECARGA DE MATERIAL

##### GRANULAR TIPO AFIRMADO

Se realizó la evaluación el día viernes 29 de septiembre del 2018, los resultados son los siguientes:

**Tabla 7**

*Evaluación del IRI del 29 de septiembre del 2018*

IRIc POR KM			
Km Inicial	Km Final	Distancia(m)	IRIc (m/km)
680+000	681+000	1000	5.12
681+000	682+000	1000	4.91
682+000	683+000	1000	4.81
683+000	684+000	1000	5.08
684+000	685+000	1000	5.04
685+000	686+000	1000	4.93
686+000	687+000	1000	4.95
687+000	688+000	1000	4.79
688+000	689+000	1000	4.84
689+000	690+000	1000	4.97
690+000	691+000	1000	5.15
691+000	692+000	1000	4.77
692+000	693+000	1000	4.90
693+000	694+000	1000	4.77
694+000	695+000	1000	4.41
695+000	696+000	1000	5.33
696+000	697+000	1000	4.82
697+000	698+000	1000	5.14
698+000	699+000	1000	4.83
699+000	700+000	1000	4.50
700+000	701+000	1000	4.89
701+000	702+000	1000	4.71
702+000	703+000	1000	4.70
703+000	704+000	1000	5.31
704+000	705+000	1000	4.98
705+000	706+000	1000	4.72

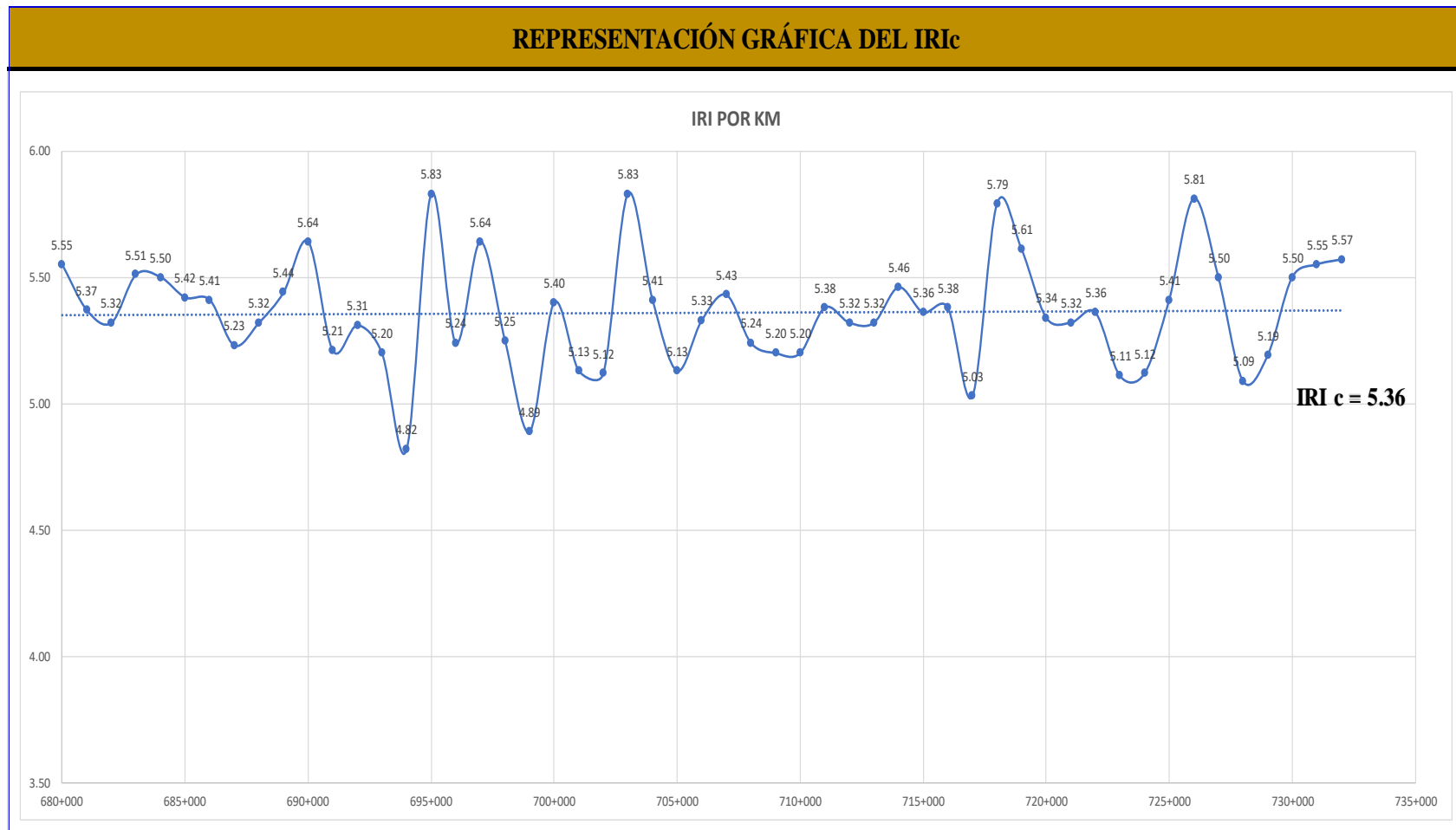
706+000	707+000	1000	4.86
707+000	708+000	1000	4.97
708+000	709+000	1000	4.84
709+000	710+000	1000	4.76
710+000	711+000	1000	4.79
711+000	712+000	1000	4.93
712+000	713+000	1000	4.85
713+000	714+000	1000	4.88
714+000	715+000	1000	5.01
715+000	716+000	1000	4.85
717+000	718+000	1000	5.03
718+000	719+000	1000	5.79
719+000	720+000	1000	5.61
720+000	721+000	1000	5.34
721+000	722+000	1000	5.32
722+000	723+000	1000	5.36
723+000	724+000	1000	5.11
724+000	725+000	1000	5.12
725+000	726+000	1000	5.41
726+000	727+000	1000	5.81
727+000	728+000	1000	5.50
728+000	729+000	1000	5.09
729+000	730+000	1000	5.19
730+000	731+000	1000	5.50
731+000	732+000	1000	5.55
732+000	732+950	950	5.57

Como resumen:

<b>Km Inicial</b>	<b>Km Final</b>	<b>Distancia(m)</b>	<b>IRIc (m/km)</b>
680+000	732+950	52,950	5.36

Fuente: Elaboración Propia

Se presenta la gráfica de la evaluación:



**Figura 28- Evaluación del IRI del 29 de septiembre del 2018**

Fuente: Elaboración Propia



## 5. CUARTA EVALUACIÓN DEL IRI DESPUES DE LA RECARGA DE MATERIAL GRANULAR TIPO AFIRMADO

Se realizó la evaluación el día viernes 15 de octubre del 2018, los resultados son los siguientes:

**Tabla 8**

*Evaluación del IRI del 15 de octubre del 2018*

<b>IRIc POR KM</b>			
<b>Km Inicial</b>	<b>Km Final</b>	<b>Distancia(m)</b>	<b>IRIc (m/km)</b>
680+000	681+000	1000	6.15
681+000	682+000	1000	5.95
682+000	683+000	1000	5.98
683+000	684+000	1000	6.10
684+000	685+000	1000	6.12
685+000	686+000	1000	6.07
686+000	687+000	1000	6.01
687+000	688+000	1000	5.83
688+000	689+000	1000	5.96
689+000	690+000	1000	6.06
690+000	691+000	1000	6.30
691+000	692+000	1000	5.80
692+000	693+000	1000	5.91
693+000	694+000	1000	5.79
694+000	695+000	1000	5.42
695+000	696+000	1000	6.47
696+000	697+000	1000	5.83
697+000	698+000	1000	6.32
698+000	699+000	1000	5.83
699+000	700+000	1000	5.39
700+000	701+000	1000	6.08
701+000	702+000	1000	5.68
702+000	703+000	1000	5.70
703+000	704+000	1000	6.53
704+000	705+000	1000	6.04
705+000	706+000	1000	5.68

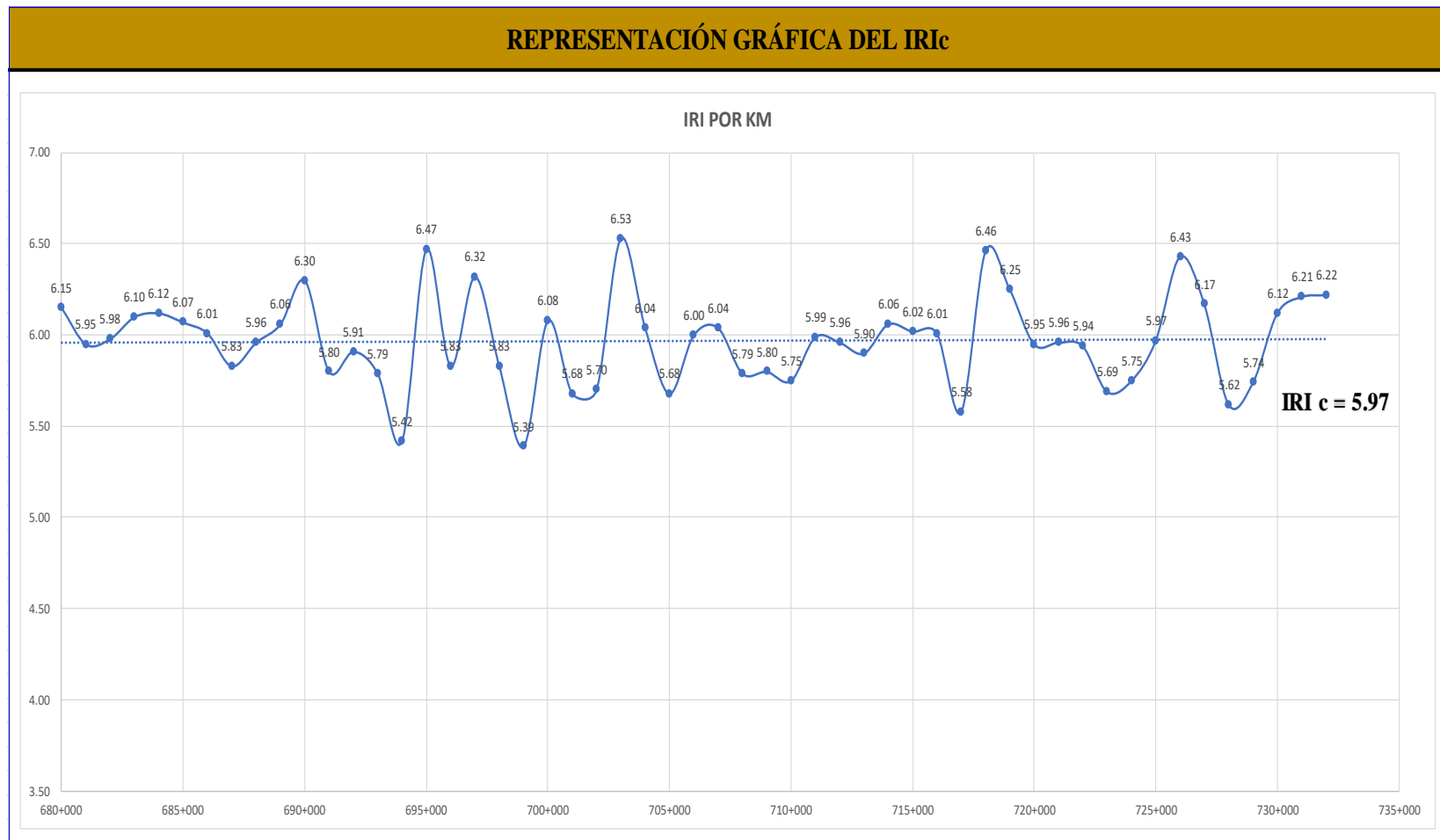
706+000	707+000	1000	6.00
707+000	708+000	1000	6.04
708+000	709+000	1000	5.79
709+000	710+000	1000	5.80
710+000	711+000	1000	5.75
711+000	712+000	1000	5.99
712+000	713+000	1000	5.96
713+000	714+000	1000	5.90
714+000	715+000	1000	6.06
715+000	716+000	1000	6.02
716+000	717+000	1000	6.01
717+000	718+000	1000	5.58
718+000	719+000	1000	6.46
719+000	720+000	1000	6.25
720+000	721+000	1000	5.95
721+000	722+000	1000	5.96
722+000	723+000	1000	5.94
723+000	724+000	1000	5.69
724+000	725+000	1000	5.75
725+000	726+000	1000	5.97
726+000	727+000	1000	6.43
727+000	728+000	1000	6.17
728+000	729+000	1000	5.62
729+000	730+000	1000	5.74
730+000	731+000	1000	6.12
731+000	732+000	1000	6.21
732+000	732+950	950	6.22

Como resumen:

<b>Km Inicial</b>	<b>Km Final</b>	<b>Distancia(m)</b>	<b>IRIc (m/km)</b>
680+000	732+950	52,950	5.36

Fuente: Elaboración Propia

Se presenta la gráfica de la evaluación:



**Figura 29- Evaluación del IRI del 15 de octubre del 2018**

Fuente: Elaboración Propia

## V. COMPARATIVO DE RESULTADOS

### 1. VARIACIÓN DEL IRIc ANTES Y DESPUES DE LA RECARGA DE MATERIAL GRANULAR TIPO AFIRMADO

Con los datos ya obtenidos de las evaluaciones antes y después de la recarga de material granular tipo afirmado se realizó un comparativo para identificar como varió el indicador IRIc.

**Tabla 9**

*Variación del IRI antes y después de la Recarga*

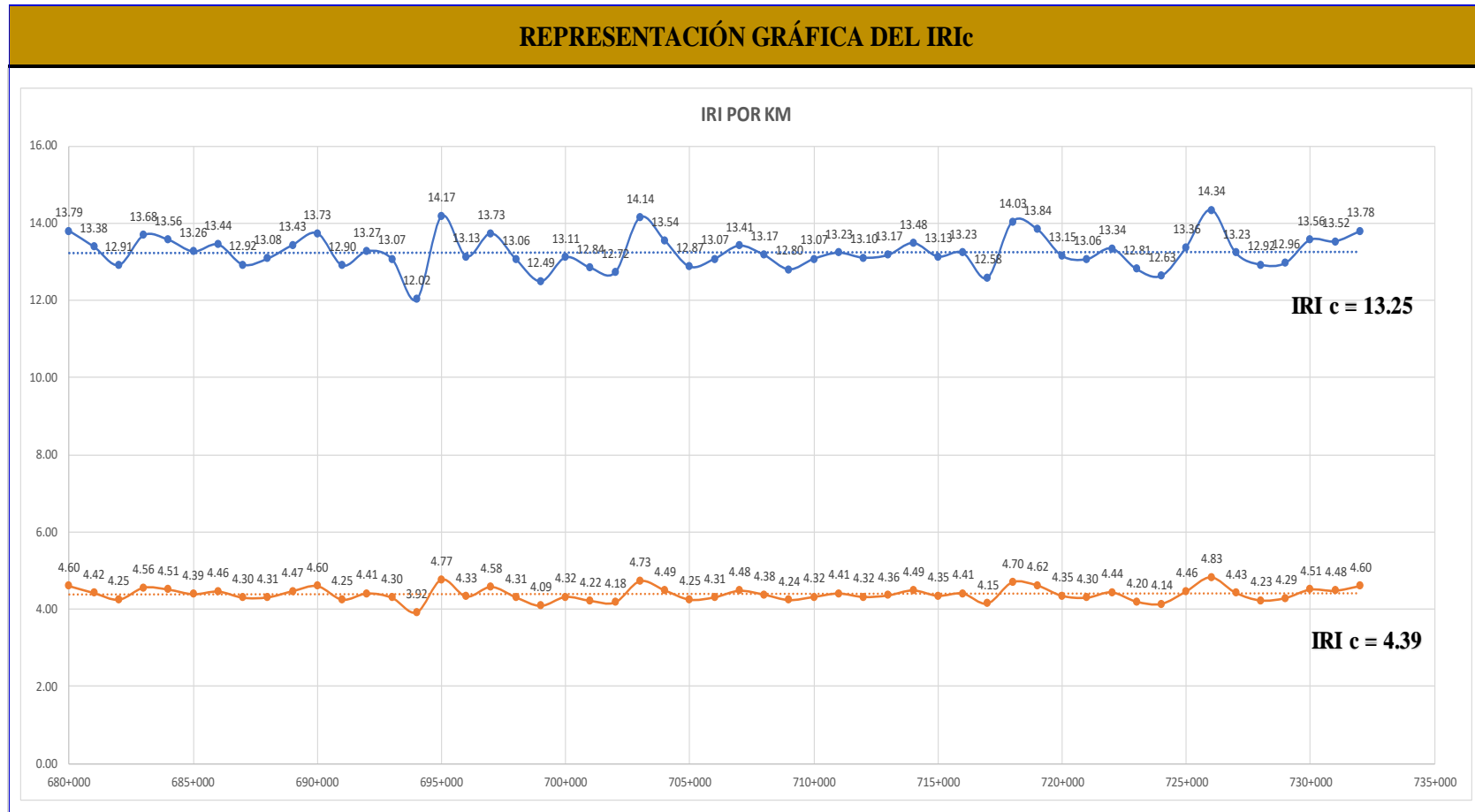
<b>Km Inicial</b>	<b>Km Final</b>	<b>Distancia (m)</b>	<b>Antes de la Recarga</b>	<b>Después de la recarga</b>
680+000	732+950	52,950	13.25 m/km	4.39 m/km
<b>Variación Porcentual</b>			<b>33.20%</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Como observamos en los resultados el valor promedio del IRIc después de haber realizado la recarga de material se reduce a un 33.20 % del valor anterior, esto muestra una mejora considerable, cabe resaltar que mientras el indicador IRIc sea menor las condiciones de transitabilidad son mejores.

Se realizó una gráfica en la cual se muestra la variación por km y se demuestra que las condiciones de la calzada fueron mejoradas con los trabajos realizados. La transitabilidad de la carretera no pavimentada Emp PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950 están en buenas condiciones demostrada en sus valores de IRIc.

Se presenta la gráfica:



**Figura 30- Variación Del IRIc antes y después de la Recarga**

Fuente: Elaboración Propia

## 2. VARIACIÓN DEL IRlc DESPUES DE LA RECARGA DE MATERIAL GRANULAR TIPO AFIRMADO

Con el transcurrir del tráfico en la carretera se genera un deterioro el cual se propuso cuantificar por medio del Indicador IRlc, este deterioro se debe a la carga de los vehículos tanto ligeros como pesados, principalmente de los vehículos pesados que generan una tracción en las curvas a su vez esto genera el desgaste del material afirmado colocado y produciéndose así un incremento del indicador IRlc.

Para determinar la variación del indicador IRlc, se programó evaluaciones en la carretera en mención que se realizaron en aproximadamente un lapso de 15 días entre ellas. En los Anexos se registrará la base de datos y su debido procesamiento de datos en hoja de cálculo Excel.

**Tabla 10**

*Valores del IRlc en las mediciones programadas*

Km Inicial	Km Final	Dist (m)	1° MEDICIÓN DESPUES DE LA RECARGAR DE MATERIAL	1° MEDICIÓN DESPUES DE LA RECARGAR DE MATERIAL	1° MEDICIÓN DESPUES DE LA RECARGA R DE MATERIAL	1° MEDICIÓN DESPUES DE LA RECARGA R DE MATERIAL
680+000	732+950	52,950	4.39 m/km	4.91 m/km	5.36 m/km	5.97 m/km

Fuente: Elaboración Propia

### Interpretación de Datos:

La 1° medición del IRlc, nos arrojó un valor de 4.39 m/km promediando los 53 valores de los 53 km que corresponden a la carretera no pavimentada Emp PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950.

De acuerdo a estos valores se realizó un cuadro que evidenció que si existe una variación porcentual a medida que transcurre el tráfico.

#### **Tabla 11**

*Variación porcentual del IRlc en las mediciones programadas*

<b>Descripción</b>	<b>Variación entre la 1° y 2° Evaluación.</b>	<b>Variación entre la 2° y 3° Evaluación.</b>	<b>Variación entre la 3° y 4° Evaluación.</b>
Incremento Porcentual/ 15 días	+ 11.68%	+ 9.24%	+ 11.39%
<b>Incremento Porcentual Promedio/ 15 días</b>		<b>+ 10.80%</b>	

Fuente: Elaboración Propia

La 2° medición del IRlc, nos arrojó un valor de 4.91 m/km promediando los 53 valores de los 53 km que corresponden a la carretera no pavimentada Emp PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950.

La 3° medición del IRlc, nos arrojó un valor de 5.36 m/km promediando los 53 valores de los 53 km que corresponden a la carretera no pavimentada Emp PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950.

La 4° medición del IRlc, nos arrojó un valor de 5.36 m/km promediando los 53 valores de los 53 km que corresponden a la carretera no pavimentada Emp PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950.

#### Interpretación de Datos:

Al comparar la 1° y 2° Evaluación obtenemos como resultado un incremento porcentual en el valor del IRlc de un 11.68 %, el cual se refleja en las condiciones de transitabilidad de la carretera, el deterioro propio de la superficie de rodadura generó este incremento.

Al comparar la 2° y 3° Evaluación obtenemos como resultado un incremento porcentual en el valor del IRlc de un 9.24 %, el cual se refleja en las condiciones de transitabilidad de la carretera, el deterioro propio de la superficie de rodadura generó este incremento.

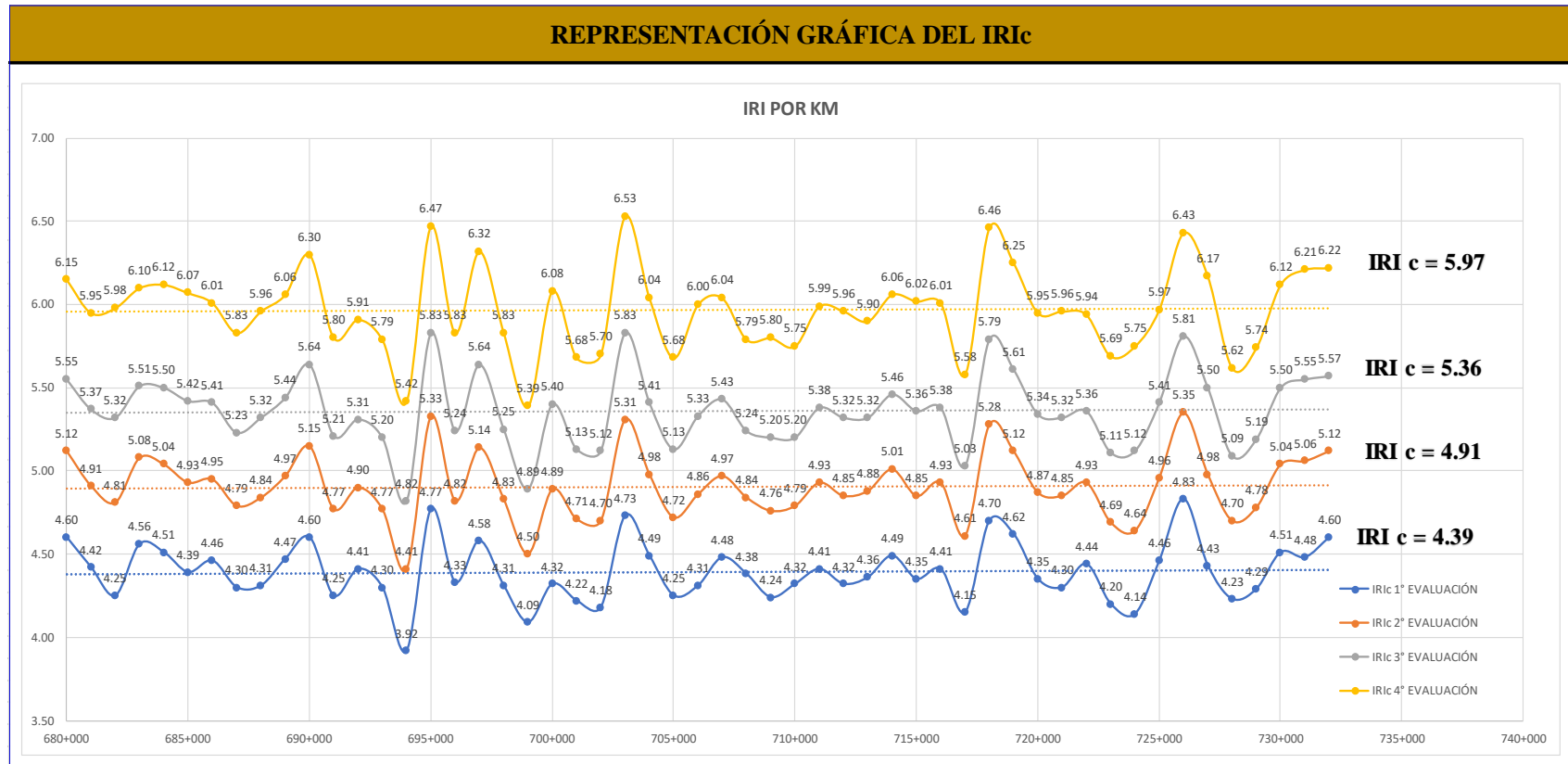
Al comparar la 3° y 4° Evaluación obtenemos como resultado un incremento porcentual en el valor del IRlc de un 11.39 %, el cual se refleja en las condiciones de transitabilidad de la carretera, el deterioro propio de la superficie de rodadura generó este incremento.

Como variación porcentual cada 15 días se promedia a 10.8 %, esto se interpreta que el valor del Indicador IRlc incrementa en este porcentaje, señalando que la carretera en mención no tuvo intervención alguna en este periodo, llamándose intervención a los trabajos de mantenimiento rutinario tales como bacheos de calzada, perfilados y compactados con maquinaria pesada o limpieza de calzada o ninguna otra actividad que pueda alterar los valores del IRlc. La carretera tampoco estuvo sometida a cambios



climáticos, precipitaciones ni acontecimientos como huaycos o derrumbes. El único agente externo fue el tráfico de vehículos que generaron directamente estos cambios.

Se presenta la gráfica de acuerdo a las evaluaciones programadas:



**Figura 31- Variación Del IRIc después de la Recarga**

Fuente: Elaboración Propia

### 3. VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DESPUES DE LA RECARGA DE MATERIAL GRANULAR TIPO AFIRMADO

Mientras se realizaba la evaluación del IRI, también se medía la velocidad del vehículo. La velocidad fue calculada cada 100 metros lineales de recorrido. Se promedió la velocidad en toda la carretera para obtener un valor representativo. Esta medición de velocidades se realizó de igual manera que el parámetro IRI, existe un registro de las 5 evaluaciones. Considerando que la primera fue antes de realizar los trabajos de Recarga de material tipo afirmado, y las 04 siguientes se realizó a modo de control para deducir su comportamiento.

Se realizó un cuadro de análisis estadístico:

DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN ANTES DE LA RECARGAR DE MATERIAL	1° MEDICIÓN DESPUES DE LA RECARGAR DE MATERIAL	2° MEDICIÓN DESPUES DE LA RECARGAR DE MATERIAL	3° MEDICIÓN DESPUES DE LA RECARGAR DE MATERIAL	4° MEDICIÓN DESPUES DE LA RECARGAR DE MATERIAL
	ANALISIS ESTADISTICO				
Xp (Promedio)	29	46	42	38	34
MIN (Valor mínimo)	10.00	16.00	14.00	11.00	7.00
MAX (Valor Máximo)	47.00	74.00	70.00	68.00	68.00
Fecha:	01/06/2018	01/09/2018	15/09/2018	29/09/2018	15/10/2018

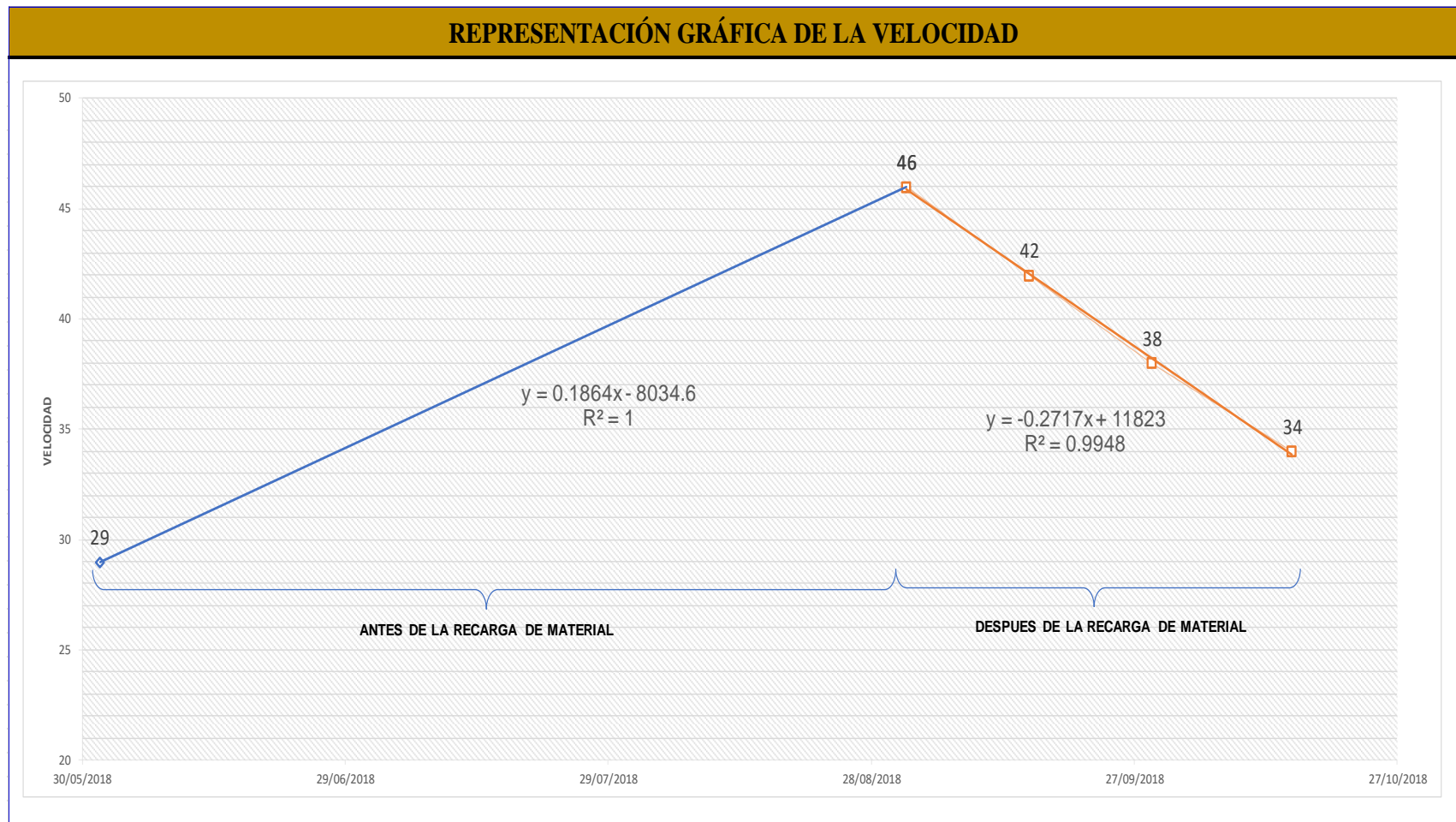
**Figura 32- Variación de Velocidad después de la Recarga**

Fuente: Elaboración Propia

En cada evaluación de velocidad del vehículo se consideró la velocidad promedio (Xp), el valor mínimo y valor máximo registrado.

A continuación, se presenta la fig. # con los valores de velocidad y la fecha en la que fueron tomadas, y la tendencia de los valores.

Se presenta la gráfica de acuerdo a las evaluaciones programadas:



**Figura 33- Variación de la Velocidad**

Fuente: Elaboración Propia

## **4.2. ANALISIS, DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

Los resultados de la Tesis, determina que el Índice internacional de Rugosidad(IRI) varía, primero después de realizar los trabajos de recarga de material granular tipo afirmado en este caso su valor disminuye, el segundo caso sucede después de los trabajos de recarga de material granular tipo afirmado el Índice internacional de Rugosidad(IRI) aumenta progresivamente con el transcurrir del tráfico. A su vez se determina que la transitabilidad es proporcional a los valores del Índice internacional de Rugosidad(IRI), la relación sería que a valores bajos de IRI la transitabilidad es mejor para los usuarios, es decir para los conductores de los vehículos que lo recorren. Otro punto interesante a considerar es la velocidad promedio de los vehículos, se determinó que la relación del IRI respecto a la velocidad sería la siguiente, a menor valor de IRI la velocidad de los vehículos es mayor ya que la carretera está en buenas condiciones de transitabilidad.

## **4.3. CONTRASTACION DE LAS HIPOTESIS**

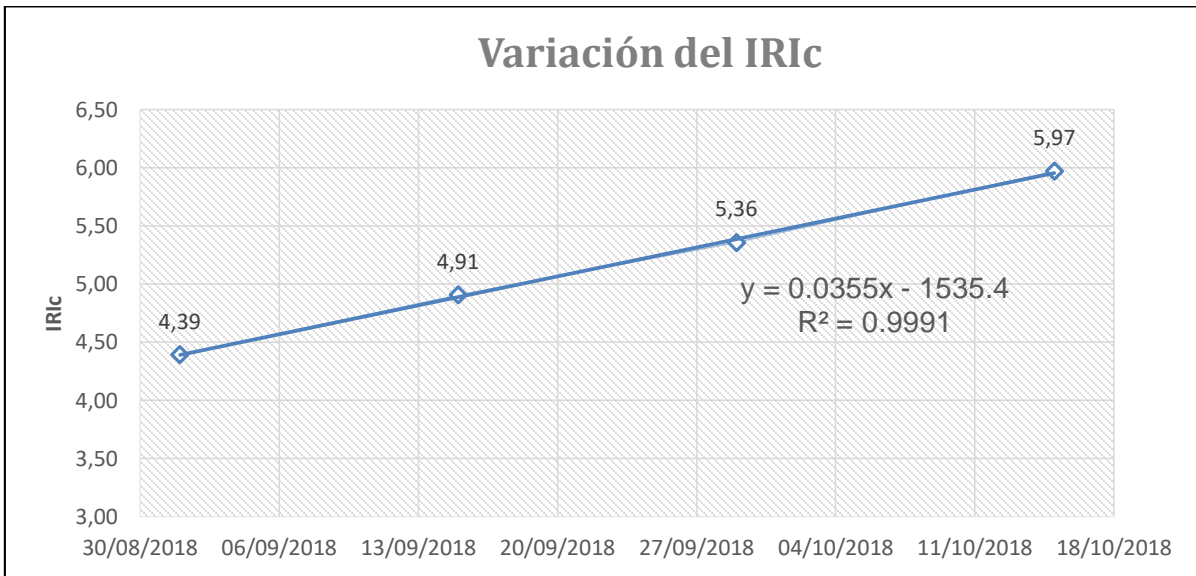
Para contrastar las hipótesis se ha utilizado la comparación entre las hipótesis planteadas y los resultados obtenidos.

### **HIPÓTESIS PRINCIPAL**

**H1: Existe un aumento en el valor del IRI, en la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950. Debido al aumento del tránsito.**

**Ho: No existe un aumento en el valor del IRI, en la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950. Debido al aumento del tránsito.**

Teniendo en cuenta los resultados anteriores se grafica de la siguiente manera:



**Figura 34- Variación Del IRIc en el tiempo**

Fuente: Elaboración Propia

Se puede concluir observando la gráfica que la correlación de los valores es aproximadamente igual a “1”, esto demuestra que la ecuación formada es correcta. La hipótesis planteada es correcta porque a medida que transcurre el tráfico por la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950 el Índice internacional de Rugosidad(IRI) aumenta.

Con esto se rechaza la Hipótesis nula y se acepta la Hipótesis planteada.

## HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

De acuerdo a la Operacionalización de las variables se definió la condición de transitabilidad en relación al Índice internacional de Rugosidad(IRI), con la siguiente tabla:

**H1: La condición de transitabilidad de la carretera si se refleja realmente en los valores obtenidos con la medición de la Rugosidad.**

**Ho: La condición de transitabilidad de la carretera no se refleja realmente en los valores obtenidos con la medición de la Rugosidad.**

**Tabla 12**

*Categorías Índice de Rugosidad Internacional*

<b>Variable</b>	<b>Categorías</b>	<b>Valores de las categorías</b>
Índice de Rugosidad Internacional	Excelente	< 2 m/km
	Bueno	< 4 m/km
	Regular	< 8 m/km
	Malo	< 10 m/km
	Pésimo	> 10 m/km

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a estos valores de cada categoría se calificó las evaluaciones realizadas, como resultado se tiene lo siguiente:

**Tabla 13**

*Categorías Índice de Rugosidad Internacional de las Evaluaciones*

<b>Descripción</b>	<b>Fecha de evaluación</b>	<b>IRIc (m/km)</b>	<b>Valor</b>	<b>Clasificación</b>
ANTES DE LA RECARGA DE MATERIAL	01/06/2018	13.25	> 10 m/km	Pésimo
1° MEDICIÓN DESPUES DE LA RECARGAR DE MATERIAL	01/09/2018	4.39	< 8 m/km	Regular
2° MEDICIÓN DESPUES DE LA RECARGAR DE MATERIAL	15/09/2018	4.91	< 8 m/km	Regular
3° MEDICIÓN DESPUES DE LA RECARGAR DE MATERIAL	29/09/2018	5.36	< 8 m/km	Regular
4° MEDICIÓN DESPUES DE LA RECARGAR DE MATERIAL	15/10/2018	5.97	< 8 m/km	Regular

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la interpretación del cuadro anterior, podemos concluir que en el periodo que aún no se realizaba la recarga de material granular tipo afirmado las condiciones de transitabilidad eran pésimas con un valor mayor a 10, sin embargo, después de realizar los trabajos de recarga su condición pasa a regular con un valor menor a 8 m/km pero mayor a 4 m/km.

Con esto se rechaza la Hipótesis nula y se acepta la Hipótesis planteada.



## HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

**H2: El IRI mejora considerablemente con la recarga de 10 cm de material granular.**

**Ho: El IRI no mejora considerablemente con la recarga de 10 cm de material granular.**

De acuerdo a la Operacionalización de las variables se definió la condición de transitabilidad en relación al Índice internacional de Rugosidad(IRI), con la siguiente tabla:

**Tabla 14**

*Condición del Índice internacional de Rugosidad*

<b>Variable</b>	<b>Categorías</b>	<b>Valores de las categorías</b>
	Mejora	< -10% IRI
Condición	Se mantiene	± 10% IRI
	Empeora	>+10% IRI

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a nuestros resultados el valor del IRIc se reduce en un 33.20 % del valor inicial, Esto quiere decir que se reduce a más del 10 %. Con este valor la condición sería de **MEJORA**.

Con esto se rechaza la Hipótesis nula y se acepta la Hipótesis planteada.

### **HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3**

**H3: La recarga de material ocasiona un aumento de la velocidad en los vehículos que recorren por la carretera no pavimentada.**

**Ho: La recarga de material no ocasiona un aumento de la velocidad en los vehículos que recorren por la carretera no pavimentada.**

De acuerdo al registro presentado anteriormente en los resultados se tenía que la velocidad promedio del vehículo era de unos 29 kilómetros por hora, pero después de la recarga la velocidad aumento a 46 kilómetros por hora.

Con esto se rechaza la Hipótesis nula y se acepta la Hipótesis planteada.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. DISCUSIÓN**

De acuerdo al análisis e interpretación de los resultados obtenidos, así como a la contrastación de las hipótesis se ha demostrado que el Índice internacional de Rugosidad(IRI) aumenta debido al tránsito que transcurre por la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950, también queda demostrado que los trabajos de recarga de material granular tipo afirmado mejora considerablemente las condiciones de transitabilidad y genera una disminución en el indicador IRI, a su vez mejorando la carretera la velocidad de todos los vehículos que la transitan aumenta.

#### **5.2. CONCLUSIONES**

I. Se ha demostrado de acuerdo a los resultados obtenidos y la contrastación de la Hipótesis principal que los procedimientos y el uso del equipo de medición usado en las evaluaciones se han realizado correctamente, siendo así que se puede validar la hipótesis y tener una base de este procedimiento que permitan medir no solo la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950, también se use para evaluar diferentes corredores viales. Después de realizar las evaluaciones se deduce que este tipo de vías que aún no se encuentran con tratamientos superficiales deben estar constantemente en mantenimiento o conservación para mantenerlos dentro de los parámetros.

**II.** De acuerdo a los resultados obtenidos y a la contrastación de la Hipótesis específica 1 donde queda demostrado que la transitabilidad de una carretera puede ser cuantificada en valores numéricos, así mismo la relación que tenemos es que a menor valor del Índice Internacional de Rugosidad(IRI), las condiciones son mejores. En esta tesis no se evaluó la topografía de la carretera, ni otros agentes externos que puedan alterar los resultados.

**III.** De acuerdo a los resultados obtenidos y a la contrastación de la Hipótesis específica 2 donde queda demostrado que los trabajos de Recarga de material tipo afirmado sobre la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950, mejoran el Índice Internacional de Rugosidad, sin embargo, el transcurrir del tráfico vehicular generó el deterioro aumentando su valor nuevamente, es muy probable que si esta carretera no tiene alguna clase de intervención en el futuro regresará a las condiciones en las que se encontraba antes de los trabajos de recarga.

**IV.** De acuerdo a los resultados obtenidos y a la contrastación de la Hipótesis específica 3 queda demostrado la relación de Velocidad e Índice Internacional de Rugosidad(IRI), aquellas carreteras donde la velocidad del vehículo sea inferior reflejaría que no existe buenas condiciones e transitabilidad.

### **5.3. RECOMENDACIONES**

I. Se recomienda que todas las empresas concesionarias que tengan caminos a nivel de afirmado tengan un mantenimiento y conservación vial constante a fin de tener una transitabilidad adecuada para los usuarios que la recorren. De acuerdo a esta tesis quedó demostrado que una carretera sin mantenimiento puede deteriorarse con mayor facilidad que a la larga generarían una mayor inversión.

II. Se recomienda que las carreteras se evalúen constantemente al realizarse trabajos de mejoramiento de calzada, o de tratamientos superficiales a fin de tener cuantificado la calidad de sus trabajos.

III. Se recomienda a las entidades públicas como municipalidades, gobiernos regionales y a las empresas privadas concesionarias el de proponer y proyectar este tipo de trabajo de Recarga de material tipo afirmado mejora las condiciones de cualquier carretera y esto influye directamente en la serviciabilidad, la cual es muy importante para satisfacer necesidades de seguridad y confort en las vías.

## CAPITULO VI

### FUENTES DE INFORMACIÓN

#### 6.1. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- I. Badilla Vargas, G. (2009). Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI). *UMTRI Research Review*.
- II. Cárdenas Cruz, C. A. (2007). Procesamiento de Datos, Diseño y Construcción de un Analizador Electrónico de Rugosidad de Pavimentos. Lima, Lima, Perú.
- III. Google Maps. (2018). *Google maps*. Obtenido de Google maps: [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com)
- IV. Grupo ARRB. (5 de Agosto de 2013). Manual de Usuario Roughometer III. *Manual de Usuario Roughometer III*. Australia.
- V. ICC Laser y KJ Law. (1988). The Little Book of Profiling: Basic information about measuring and interpreting road profiles. Michigan, E.E U.U.
- VI. Montoya Goicochea, J. E. (Septiembre de 2013). Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú. Lima, Perú.
- VII. MTC. (2013). *Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*. LIMA.
- VIII. Onofre Calderón, J. C., Sánchez Pérez, J. C., & Santiago Viana, W. (Abril de 2008). "DETERMINACION DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DE PAVIMENTOS USANDO EL PERFILOMETRO ROMDAS Z-250. San Salvador.
- IX. Vidal Asencios, D. (Febrero de 2016). Medición y comparación de la rugosidad en pavimentos de la. Lima, Perú.

# **ANEXOS**

## 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA

### TESIS: “EVALUACIÓN DEL IRI EN EL CARRETERA NO PAVIMENTADA EMP. PE-3S (DV. KISHUARA)- EMP. PE-3S (ALFAPATA), DEL KM 680+000 AL KM 732+950, EN LA REGIÓN APURIMAC”

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO
<b>“EVALUACIÓN DEL IRI EN EL CARRETERA NO PAVIMENTADA EMP. PE-3S (DV. KISHUARA) - EMP. PE-3S (ALFAPATA), DEL KM 680+000 AL KM 732+950, EN LA REGIÓN APURIMAC.”</b>	<b><u>PROBLEMA GENERAL</u></b> ¿De qué manera el IRI (Índice Internacional de Rugosidad) varía a medida que transcurre el tránsito por la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950?	<b><u>OBJETIVO GENERAL</u></b> Determinar la variación del valor del IRI (Índice Internacional de Rugosidad), en la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950.	<b><u>HIPÓTESIS GENERAL</u></b> Existe un aumento en el valor del IRI, en la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950. Debido al aumento del tránsito.	<b><u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u></b> ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL  <b><u>INDICADORES</u></b> - Valores resultantes después del procesamiento de la medición  - Adecuada transitabilidad	Experimental, analítico y longitudinal	<b>Método</b> - Descriptivo  <b>Técnicas</b> - <b>Información Indirecta</b> - <b>Método Analítico</b> - <b>La Observación Directa.</b> - <b>Método Estadístico</b> - <b>Método Deductivo</b> - <b>Encuesta</b>  <b>Instrumentos</b> • Hoja de Encuesta	<b>Población</b> : 27 vehículos diarios que transcurren sobre carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)- Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950.  <b>Muestra</b> 25 vehículos diarios que transcurren sobre carretera no
	<b><u>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</u></b> -¿De qué manera la medición del IRI refleja el estado	<b><u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u></b> - Determinar el estado o condición de la carretera no pavimentada	<b><u>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</u></b> La medición del IRI refleja a través de números naturales la	<b><u>VARIABLE DEPENDIENTE</u></b>			



<p>o condición de transitabilidad en una carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)-Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950?</p>	<p>Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)-Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950 a partir de los datos del IRI.</p>	<p>condición de transitabilidad siendo estas condiciones desde Excelente los valores menores a 2 y Pésimo los valores mayores a 10.</p>	<p>a) CONDICIÓN DE LA VÍA</p>	<p>para los transportistas.</p>	<p>pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)-Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950.</p>
<p>-¿Cómo mejora el IRI después de la recarga de 10 cm de material granular en la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)-Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950?</p>	<p>-Comparar y determinar cómo mejora el IRI después de la recarga de 10 cm de material granular en la carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)-Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950.</p>	<p>-El IRI mejora considerablemente con la recarga de 10 cm de material granular.</p>	<p><b>INDICADORES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Roughometer III</li> </ul>	<p><b>Tipo de muestra:</b> Muestreo aleatorio simple</p>
<p>- ¿Cómo se refleja la variación de velocidad de los vehículos después de la recarga de material en la en una carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)-Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950?</p>	<p>-Determinar la variación de velocidad de los vehículos después de la recarga de material en la en una carretera no pavimentada Emp. PE-3S (Dv. Kishuara)-Emp. PE-3S (Alfapata) entre el km 680+000 al km 732+950.</p>	<p>.La recarga de material ocasiona un aumento de la velocidad en los vehículos que recorren por la carretera no pavimentada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presenta fallas en la calzada</li> <li>- Presenta ondulaciones</li> <li>- Presenta baches</li> <li>- Fallas que obstaculicen a los vehículos.</li> </ul>	<p>- De procesamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Razones</li> <li>• Porcentajes</li> <li>• Estadígrafos: dispersión y tendencia central.</li> </ul>	<p>b) VELOCIDAD DE LOS VEHÍCULOS</p>
			<p><b>INDICADORES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento o disminución en la velocidad de los vehículos.</li> </ul>	

## 02.BASE DE DATOS Y PROCESAMIENTO

### PROYECCIONES DE TRAFICO

**TRAMO:** Kishuará - Dv. Kishuara

TRAFICO NORMAL	AÑO									
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
AUTO/SW	6	7	7	7	8	8	8	10	10	11
CAMIONETA PICK UP/PANEL	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
CAMIONETA RURAL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MICRO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUSES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION 2E	9	9	10	10	10	11	11	13	13	14
CAMION 3E	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
CAMION 4E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SEMITRAYLER 2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SEMITRAYLER 2S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SEMITRAYLER 3S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SEMITRAYLER 3S3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	5
TRAYLER 2T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRAYLER 2T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRAYLER 3T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRAYLER 3T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>33</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>40</b>