

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE**

**TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**



**“CORRELACIÓN DE LOS MÉTODOS DE TOPOGRAFÍA Y MERLÍN  
PARA DETERMINAR EL IRI EN PAVIMENTOS FLEXIBLES”**

**Por:**

**DANIELA MIRANDA VEGA**

Proyecto presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil

**SEMESTRE II- 2022**

**TARIJA-BOLIVIA**

**DEDICATORIA:**

El presente Proyecto está dedicado a toda mi familia por su apoyo incondicional, en todos los momentos y circunstancias recorridos para llevar a cabo con éxito esta tarea.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Planteamiento de problema .....	2
1.2.1. Situación Problemática.....	2
1.2.2. Problema .....	2
1.3. Objetivos de la investigación .....	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos .....	3
1.4. Justificación.....	3
1.5. Hipótesis.....	3
1.6. Definición de variables .....	3
1.7. Alcance.....	5

### CAPÍTULO II

#### GENERALIDADES DE LOS MÉTODOS TOPOGRÁFICOS Y MERLÍN PARA DETERMINAR EL IRI

	Página
2.1 Antecedentes .....	6
2.1.1. Rugosidad superficial del pavimento .....	7
2.1.2 Causas posibles de la rugosidad.....	9
2.1.3 Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos. ....	9

2.1.4. Valores límites del IRI .....	9
2.1.5. Definición del IRI .....	10
2.1.6. Características del modelo de cuarto de carro.....	12
2.1.7. Clasificación de Equipos para el Cálculo del IRI .....	13
2.2. Método para determinar el IRI a través del nivel y mira .....	13
2.2.1 Cálculo para determinar el IRI con el Método Topográfico .....	16
2.3. Método para Determinación del IRI con el equipo de Merlín. ....	18
2.3.1 Definición del Rugosímetro Merlín .....	18
2.3.2. Ventajas del Rugosímetro Merlín .....	20
2.3.3. Funcionamiento.....	21
2.3.4. Histograma de la Distribución de Frecuencias.....	22
2.3.5. Correlaciones D vs IRI.....	22
2.3.6. Esquema y representación de las partes de un equipo Merlín. ....	23
2.3.7. Método para el Cálculo de la Rugosidad Rango “D” .....	25
2.3.8. Factor de Corrección para el Ajuste de “D”.....	25
2.3.9. Determinación de la Rugosidad en la Escala del IRI.....	26
2.4. Estadística .....	27
2.4.1 Correlación.....	27
2.4.2 Coeficiente de correlación lineal.....	28
2.4.3 Conceptos básicos de las medias de tendencia central.....	28
2.4.3.1 Media.....	28
2.4.3.2 Varianza .....	28
2.4.3.3 Desviación Típica.....	29
2.4.3.4 Covarianza.....	30

2.5. Regresión y correlación con statgraphics.....	30
2.5.1 Ajuste de datos .....	32
2.5.2 Regresión simple.....	32

### **CAPÍTULO III**

#### **DESARROLLO EXPERIMENTAL**

	Página
3.1 Criterios de Diseño Metodológico .....	35
3.3.1. Unidad de muestra; población y muestra. ....	35
3.3.2. Forma de muestreo probabilístico o no probabilístico .....	35
3.2 Determinación de las zonas de muestreo .....	35
3.3 Descripción de la Práctica.....	40
3.3.1 Método Topográfico.....	40
3.3.1.1 Metodología para la obtención de IRI con el método topográfico.....	45
3.3.2 Método Merlín .....	46
3.3.2.1 Metodología para la obtención de IRI con el método de Merlín .....	50
3.4. Especificaciones Técnicas.....	56
3.4.1 Especificaciones Técnicas Equipo Topográfico .....	56
3.4.2 Especificaciones Técnicas Equipo Merlín .....	59

### **CAPÍTULO IV**

#### **CORRELACIÓN DE LOS MÉTODOS TOPOGRÁFICO Y MERLIN PARA DETERMINAR EL IRI**

	Página
4.1 Procedimiento para la determinación de la correlación .....	62
4.3 Prueba de Hipótesis.....	75

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones .....	84
5.2 Recomendaciones.....	85

### **BIBLIOGRAFIA**

### **ANEXOS**

**A-1.** Datos de campo de mira y nivel

**A-2.** Resultados IRI mira y nivel

**A-3.** Datos de campo y cálculo del IRI método equipo de merlín

**A-4** Memoria Fotográfica de levantamiento de datos de campo con el equipo Topográfico

**A-5** Memoria Fotográfica de levantamiento de datos de campo con el equipo Merlín

**A-6** Manual del Programa Statgraphics

**A-7** Manual del Programa INPACO

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 2.1</b> Perfil longitudinal de una carretera .....	8
<b>Figura 2.2</b> Medición con nivel de ingeniero .....	15
<b>Figura 2.3</b> Estación del equipo Nivel Ingeniero .....	16
<b>Figura 2.4</b> Tablero del equipo Merlín .....	20
<b>Figura 2.5</b> Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento .....	21
<b>Figura 2.6</b> Histograma de la distribución de frecuencias.....	22
<b>Figura 2.7</b> Esquema de Rugosímetro de Merlín .....	24
<b>Figura 2.8</b> Escala estándar para la cuantificación del IRI.....	27
<b>Figura 2.9</b> Modelo Ajustado a la nube de puntos .....	32
<b>Figura 3.1</b> Ubicación del Área de estudio ciudad Tarija .....	36
<b>Figura 3.2</b> Av. Integración.....	37
<b>Figura 3.3</b> Av. La Banda.....	38
<b>Figura 3.4</b> Ruta San Jacinto .....	39
<b>Figura 3.5</b> nivel de Ingeniero Sokia.....	40
<b>Figura 3.6</b> Cinta Métrica .....	40
<b>Figura 3.7</b> mira Topográfica .....	41
<b>Figura 3.8</b> Conos de Seguridad Vial .....	41
<b>Figura 3.9</b> Marcado del pavimento cada 50cm.....	42
<b>Figura 3.10</b> Armado del equipo .....	43
<b>Figura 3.11</b> Lectura con el GPS .....	43
<b>Figura 3.12</b> Posición de la mira antes de la lectura.....	44
<b>Figura 3.13</b> Entrada de Información programa INPACO.....	45

<b>Figura 3.14</b> Cálculo de IRI mediante programa INPACO.....	46
<b>Figura 3.15</b> Rueda de Merlín .....	46
<b>Figura 3.16</b> Conos de Seguridad.....	47
<b>Figura 3.17</b> Chalecos de Seguridad .....	47
<b>Figura 3.18</b> Destornillador .....	47
<b>Figura 3.19</b> Plancha metálica de 7.5 mm.....	48
<b>Figura 3.20</b> Calibración del Equipo Rueda de Merlín .....	48
<b>Figura 3.21</b> Tablero del Merlín.....	49
<b>Figura 3.22</b> Equipo rueda de Merlín en tramo carretero.....	50
<b>Figura 3.23</b> Histograma de la distribución de las frecuencias .....	52
<b>Figura 4.1</b> Insertar datos de Merlín y topográfico .....	62
<b>Figura 4.2</b> Datos Introducidos.....	63
<b>Figura 4.3</b> Entrar a relacionar Factor .....	63
<b>Figura 4.4</b> Elegir regresión simple.....	64
<b>Figura 4.5</b> Elegimos la variable Dependiente e Independiente.....	64
<b>Figura 4.6</b> Tipos de Modelos .....	64
<b>Figura 4.7</b> Ventana de selección de Tablas y Gráficos .....	65
<b>Figura 4.8</b> Resultados de los modelos ajustados.....	65
<b>Figura 4.9</b> Gráfico de modelo ajustado Av. La Banda .....	68
<b>Figura 4.10</b> Gráfico Residuos Av. La Banda.....	68
<b>Figura 4.11</b> Gráfico del modelo Ajustado Av. Integración .....	71
<b>Figura 4.12</b> Gráfica de Residuos Av. Integración.....	71
<b>Figura 4.13</b> Gráfico del Modelo Ajustado de la Ruta San Jacinto.....	74
<b>Figura 4.14</b> Gráfico de Residuos de Ruta San Jacinto.....	74



**Figura 4.15** Curva de Potencia.....78

**Figura 4.16** Curva de Potencia Av. La Banda .....81

**Figura 4.17** Curva de Potencia San Jacinto .....83

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
<b>Tabla 1.1</b> Operacionalización de Variable correlacional Método Merlín.....	4
<b>Tabla 1.2</b> Operacionalización de variable Correlacional Método Topográfico.....	4
<b>Tabla 2.1</b> Valores límites del IRI para considerar una intervención en m/ km.....	10
<b>Tabla 2.2</b> Cálculo Manual del IRI utilizando método Topográfico.....	18
<b>Tabla 2.3</b> Modelos de Regresión Simple.....	34
<b>Tabla 3.1</b> Unidad de muestra; población y muestra.....	35
<b>Tabla 3.2</b> Punto Inicio (A) y punto Final (B), tramo Av. Integración.....	36
<b>Tabla 3.3</b> Punto Inicio (A) y punto Final (B), de tramo Av. La Banda.....	37
<b>Tabla 3.4</b> Punto Inicio (A) y punto Final (B), tramo ruta San Jacinto.....	39
<b>Tabla 3.5</b> Tabla de ensayo para medición de rugosidad.....	52
<b>Tabla 3.6</b> Resultados del método de Merlín y topográfico la Av. La Banda.....	55
<b>Tabla 3.7</b> Resultados del método de Merlín y topográfico Av. Integración.....	55
<b>Tabla 3.8</b> Resultados del método Merlín y topográfico Ruta San Jacinto.....	55
<b>Tabla 4.1</b> Resultados del método de Merlín y topográfico en la Av. La Banda.....	66
<b>Tabla 4.2</b> Coeficientes Av. La Banda.....	66
<b>Tabla 4.3</b> Análisis de Varianza Av. La Banda.....	66
<b>Tabla 4.4</b> Comparación de Modelos Alternos.....	67
<b>Tabla 4.5</b> Resultados del método Merlín y topográfico de Av. Integración.....	69
<b>Tabla 4.6</b> Coeficiente Av. Integración.....	69
<b>Tabla 4.7</b> Análisis de Varianza Av. Integración.....	69
<b>Tabla 4.8</b> Comparación de Modelos Alternos Av. Integración.....	70
<b>Tabla 4.9</b> Resultados del método Merlín y Topográfico Ruta San Jacinto.....	71

<b>Tabla 4.10</b> Coeficiente Ruta San Jacinto .....	72
<b>Tabla 4.11</b> Análisis de Varianza Ruta San Jacinto .....	72
<b>Tabla 4.12</b> Comparación de Modelos Alternos de la Ruta San Jacinto .....	73
<b>Tabla 4.13</b> Resultados de Correlación .....	75
<b>Tabla 4.14</b> Modelo Matemático para correlación .....	76
<b>Tabla 4.15</b> Resumen Estadístico Av. Integración .....	76
<b>Tabla 4.16</b> Resumen Estadístico para nivel(m/Km) .....	79
<b>Tabla 4.17</b> Resumen Estadístico Ruta San Jacinto para NIVEL(m/Km).....	81