

XIXCILA

Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, Medellín 2017



EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) EMPLEANDO TECNOLOGÍA LÁSER DE TRES DIMENSIONES -LCMS Y PERFILÓMETRO LÁSER

David Saldaña M, Rodrigo Díaz T, Waldo Márquez, Ricardo Garrido S.



CONTENIDO

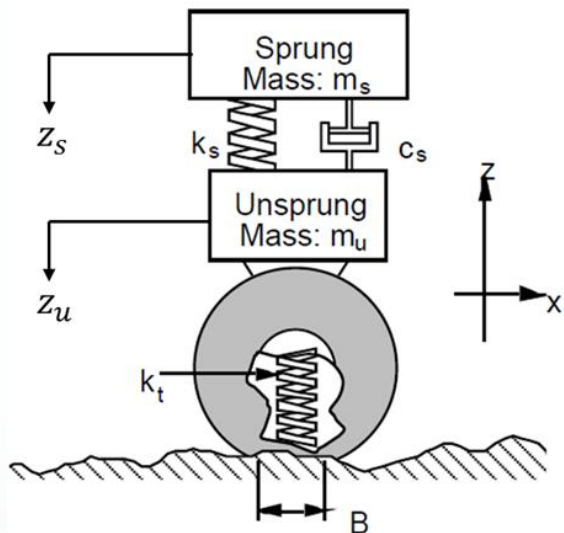
1. Antecedentes
2. Equipos de medición empleados
3. Objetivos
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusiones



ANTECEDENTES

ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Desplazamientos verticales en valor absoluto a los cuales se ve sometido un cuarto de carro, dividido por la distancia recorrida.



EQUIPOS DE MEDICIÓN EMPLEADOS



HAWKEYE SERIES 1000

Mide en el sentido de circulación en forma continua y sin interrumpir el tránsito. Su operación se realiza en conjunto con el sistema de posicionamiento kilométrico, permitiendo a la persona que lo está utilizando, definir los intervalos de muestreo y ubicando a su vez cualquier tipo de evento o singularidad que se detecte durante la campaña de medición en terreno.



LASER CRACK MEASUREMENT SYSTEM (LCMS)

El equipo realiza un escaneo en 3 dimensiones a la superficie del pavimento, lo que permite identificar los deterioros superficiales, el ahuellamiento en la carretera evaluada y al acoplarle un acelerómetro permite evaluar el IRI del camino.



OBJETIVOS

Comparar las mediciones realizadas del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) empleando dos equipos disponibles en el mercado, como lo son el Perfilómetro Laser y el LCMS, evaluando si los resultados entre equipos son repetibles, reproducibles y comparables entre sí.

- ▶ Realizar un análisis de correlación entre mediciones.
- ▶ Realizar un estudio GRR para el LCMS.
- ▶ Realizar un estudio GRR para el Perfilómetro Laser.
- ▶ Realizar un estudio GRR para ambos equipos como un único sistema de medición.



METODOLOGÍA DEL ESTUDIO



DISEÑO DE EXPERIMENTO

Equipos de medición:	LCMS - Perfilómetro Laser
Operadores:	Dos
Repeticiones:	Dos
Carretera evaluada:	30 kms de autopista concesionada. Ancho carril 3.5 mt y TMDA 3.072 veh



LEVANTAMIENTO DE DATOS

información levantada el mismo día con diferentes vehículos.



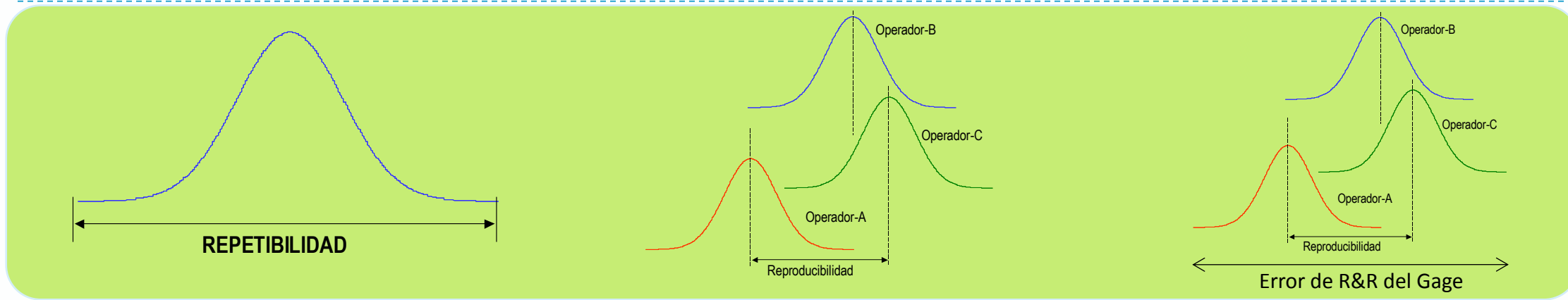
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN

información levantada el mismo día con diferentes vehículos.



ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN

1. Coeficiente de correlación
2. Ensayos GRR
 - ▶ Repetibilidad
 - ▶ Reproducibilidad



1. GRR LCMS
2. GRR Perfilómetro Láser
3. GRR Ambos sistemas de medición como uno solo
4. GRR Ambos equipos como uno solo separando los valores medidos según **3 niveles**

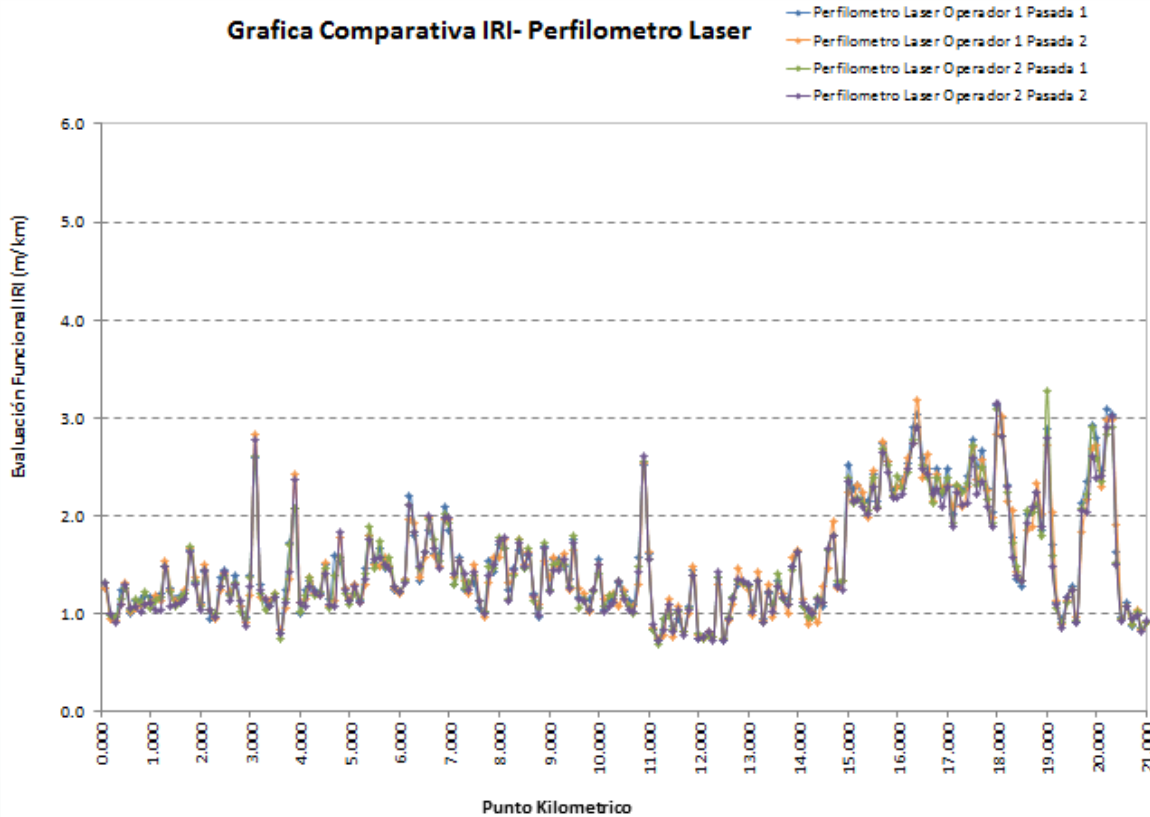
Nivel 1 IRI < 1.5 m/km
Nivel 2 1.5 m/km < IRI < 2.7 m/km
Nivel 3 IRI > 2.7 m/km



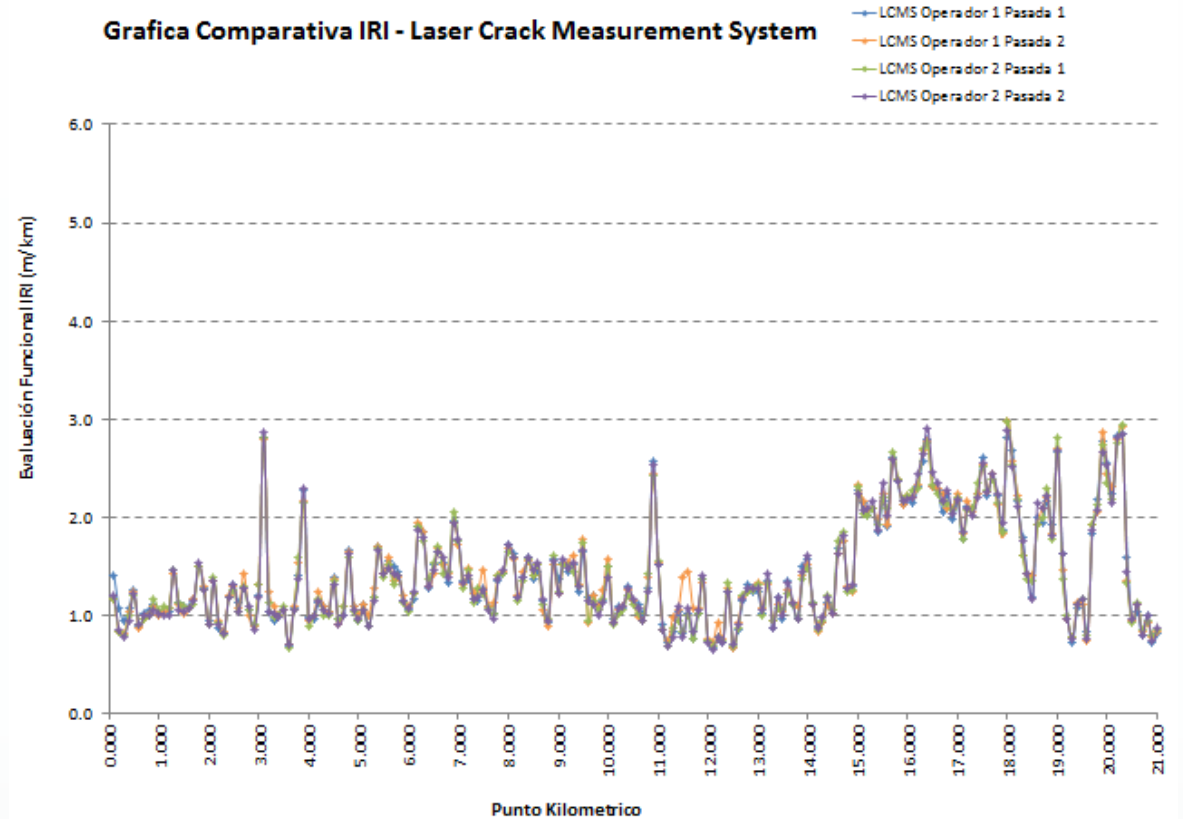
RESULTADOS OBTENIDOS

1. ANÁLISIS PRELIMINAR

Grafica Comparativa IRI- Perfilometro Laser



Grafica Comparativa IRI - Laser Crack Measurement System

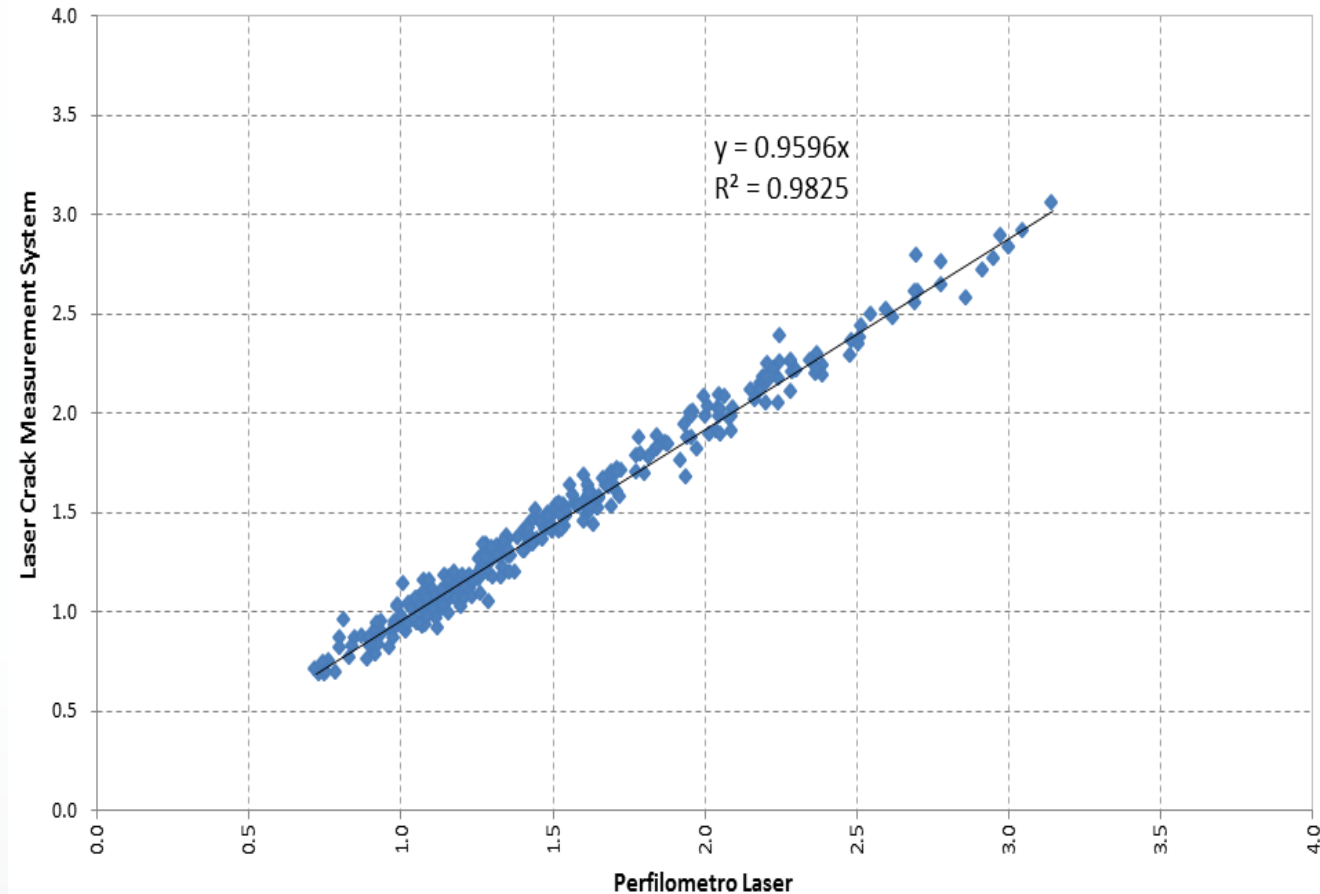


RESULTADOS OBTENIDOS



1. ANÁLISIS PRELIMINAR

Correlación Perfilometro Laser - LCMS
100 Metros



RESULTADOS OBTENIDOS

2 Y 3 ESTUDIO GRR PARA PERFILÓMETRO LÁSER Y LCMS (20km CONTINUOS)

PERFILOMETRO LASER

Componentes de la varianza

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	0.002798	1.10
Repetibilidad	0.00255	1.00
Reproducibilidad	0.000248	0.10
Operadores	0.000248	0.10
Parte a parte	0.251094	98.90
Variación total	0.253893	100.00

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0.052899	0.3174	10.5
Repetibilidad	0.050496	0.30298	10.02
Reproducibilidad	0.015764	0.09458	3.13
Operadores	0.015764	0.09458	3.13
Parte a parte	0.501093	3.00656	99.45
Variación total	0.503878	3.02327	100

Número de categorías distintas = 13

LCMS

Componentes de la varianza

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	0.002005	0.86
Repetibilidad	0.001944	0.83
Reproducibilidad	0.000062	0.03
Operadores	0.000062	0.03
Parte a parte	0.232531	99.14
Variación total	0.234536	100

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0.044782	0.26869	9.25
Repetibilidad	0.044085	0.26451	9.1
Reproducibilidad	0.007865	0.04719	1.62
Operadores	0.007865	0.04719	1.62
Parte a parte	0.482214	2.89329	99.57
Variación total	0.484289	2.90574	100

Número de categorías distintas = 15

AMBOS EQUIPOS CONSIDERADOS COMO UNICO SISTEMA





Componentes de la varianza

Fuente	CompVar	Contribución de CompVar
Gage R&R total	0.006325	2.55
Repetibilidad	0.006325	2.55
Reproducibilidad	0	0
Operadores	0	0
Parte a parte	0.242168	97.45
Variación total	0.248493	100

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0.079532	0.47719	15.95
Repetibilidad	0.079532	0.47719	15.95
Reproducibilidad	0	0	0
Operadores	0	0	0
Parte a parte	0.492106	2.95263	98.72
Variación total	0.498491	2.99095	100

Número de categorías distintas = 8

	Variabilidad asociada a las mediciones del mismo operador
	Variabilidad resultante cuando diferentes operadores miden la misma parte
	Variación debido a las diferencias entre los elementos medidos
	Porcentaje de variación explicada por el sistema de medición



RESULTADOS OBTENIDOS

4. ESTUDIO GRR PARA DIFERENTES UMBRALES DE IRI (TRAMOS CONTINUOS)



IRI < 1.5 M/KM

1.5 < IRI < 2.7 M/KM

IRI > 2.7 M/KM

Componentes de la varianza

Fuente	CompVar	Contribución de CompVar
Gage R&R total	0.0033284	37.74
Repetibilidad	0.0033284	37.74
Reproducibilidad	0	0.00
Operadores	0	0.00
Parte a parte	0.0054899	62.26
Variación total	0.0088183	100.00

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0.0576925	0.346155	61.44
Repetibilidad	0.0576925	0.346155	61.44
Reproducibilidad	0	0	0
Operadores	0	0	0
Parte a parte	0.0740938	0.444563	78.9
Variación total	0.0939059	0.563435	100

Número de categorías distintas = 1

Componentes de la varianza

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	0.003016	16.25
Repetibilidad	0.0029685	15.99
Reproducibilidad	0.0000474	0.26
Operadores	0.0000474	0.26
Parte a parte	0.0155483	83.75
Variación total	0.0185643	100.00

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0.054918	0.329507	40.31
Repetibilidad	0.054484	0.326905	39.99
Reproducibilidad	0.006888	0.041328	5.06
Operadores	0.006888	0.041328	5.06
Parte a parte	0.124693	0.748157	91.52
Variación total	0.136251	0.817505	100

Número de categorías distintas = 3

Componentes de la varianza

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	0.0092616	60.53
Repetibilidad	0.0092616	60.53
Reproducibilidad	0	0.00
Operadores	0	0.00
Parte a parte	0.0060384	39.47
Variación total	0.0153001	100.00

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0.096237	0.577425	77.8
Repetibilidad	0.096237	0.577425	77.8
Reproducibilidad	0	0	0
Operadores	0	0	0
Parte a parte	0.077707	0.466244	62.82
Variación total	0.123693	0.742161	100

Número de categorías distintas = 1

	Variabilidad asociada a las mediciones del mismo operador
	Variabilidad resultante cuando diferentes operadores miden la misma parte
	Variación debido a las diferencias entre los elementos medidos
	Porcentaje de variación explicada por el sistema de medición



CONCLUSIONES



1. Las mediciones entre ambos equipos presentan un comportamiento muy homogéneo, con un coeficiente de correlación del 98.25 %.
2. De los análisis GRR realizados a cada uno de los equipos se tiene que:
 - ▶ El LCMS y el Perfilómetro Laser presentan un Gage GRR de 9.25 % y 10. % respectivamente, lo cual los valida con una alta precisión.
 - ▶ La mayor variación que se presenta es debido a la diferencia entre las partes, siendo estos valores de 98.9 % para el perfilómetro laser, 99.14 % para el LCMS y 97.45% al considerar ambos equipos como un único sistema.



CONCLUSIONES



3. Al realizar el análisis GRR para los valores de IRI según los 3 niveles definidos se observa que los valores del GRR total se incrementan. Las principales razones son:
 - ▶ Poca información analizada debido a la depuración de los datos realizada para que estos fueran en tramos continuos.
 - ▶ Al tener poca información se puede incrementar el efecto de haber realizado las mediciones con dos pasadas distintas, lo cual genera que se midan perfiles muy similares pero no exactamente los mismos.
4. Los resultados presentados validan ambos equipos de medición siendo estos repetibles, reproducibles y comparables entre si.



GRACIAS

DAVID SALDAÑA MARULANDA
APSA COLOMBIA



dsaldana@apsacolombia.co



+57 3187490500

