APLICACIÓN DE LA NORA ASTM E950-09 PARA DETERMINAR LA REPETIBILIDAD Y PRECISIÓN EN UN PERFILÓMETRO INERCIAL MARK III - DYNATEST

MARIO ALEJANDRO MANOSALVAS PAREDES

OCTUBRE 2013

CAPÍTULO I:

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

Desde mediados de la década de los años noventa, se ha venido utilizando en la mayoría de países del mundo sistemas de Perfilómetros Inerciales Laser para la evaluación del perfil longitudinal del pavimento. En la actualidad, el uso y manejo de dichos perfilómetros, se ha vuelto una herramienta imprescindible para la evaluación de pavimentos, debido a que cada país tiene una escala de valores con la cual clasifican el nivel de servicio de las vías

OBJETIVO GENERAL

Que el Ministerio de Transporte y Obras Públicas “MTOP” así como las empresas de Consultoría Vial, tengan una herramienta para poder calificar la precisión de los diferentes equipos de medición a nivel nacional, tomando como referencia el presente estudio

OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Determinar si el equipo cumple los requerimientos para ser considerado un perfilómetro inercial Clase I, de acuerdo a la norma ASTM E 950-09.
- Determinar la Precisión / Repetibilidad del perfilómetro inercial Mark III en una sección de la Ruta E28.
- Determinar el Índice de Rugosidad Internacional IRI a lo largo de toda la Ruta E28 para los dos sentidos de la vía.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mediante el “Documento Técnico MOP, Concesión de Carreteras”, determinar el orden en que se encuentra la Ruta E28.
- Proponer un plan de Mantenimiento para los sectores de la carretera que superen los límites del DTM.

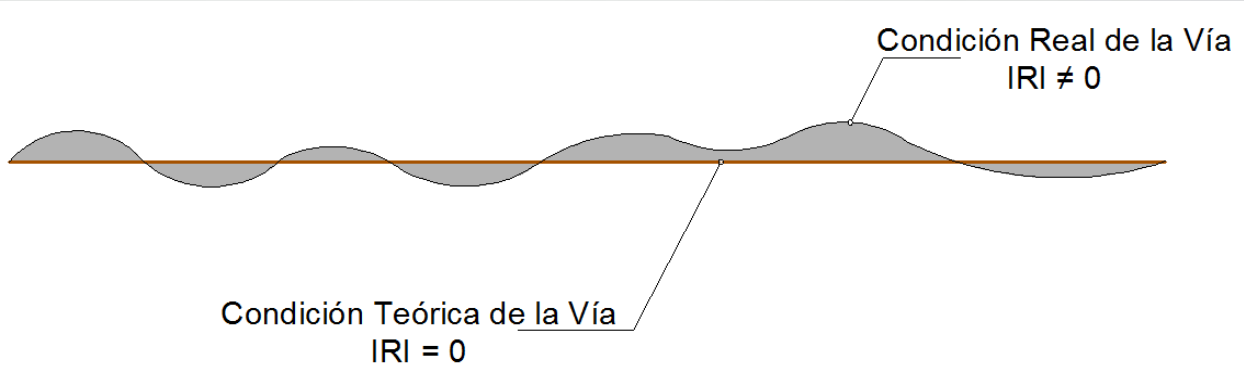
DEFINICIÓN DE RUGOSIDAD

La norma americana ASTM E867, define la rugosidad como las desviaciones entre una superficie de pavimento y una superficie plana con dimensiones características que afecten la dinámica del vehículo

La rugosidad puede también ser definida como la distorsión de la superficie del pavimento que transmite aceleraciones verticales no deseadas en el vehículo que contribuyen a un desplazamiento incómodo y no deseable

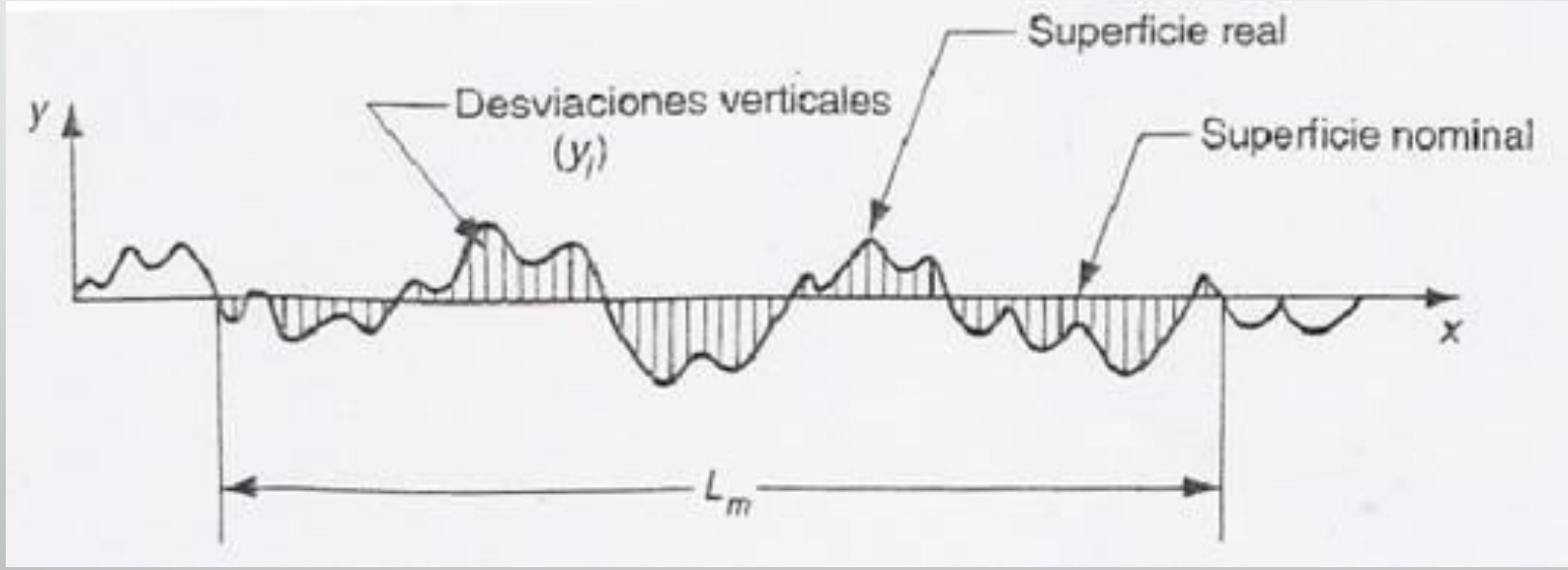
DEFINICIÓN DE RUGOSIDAD

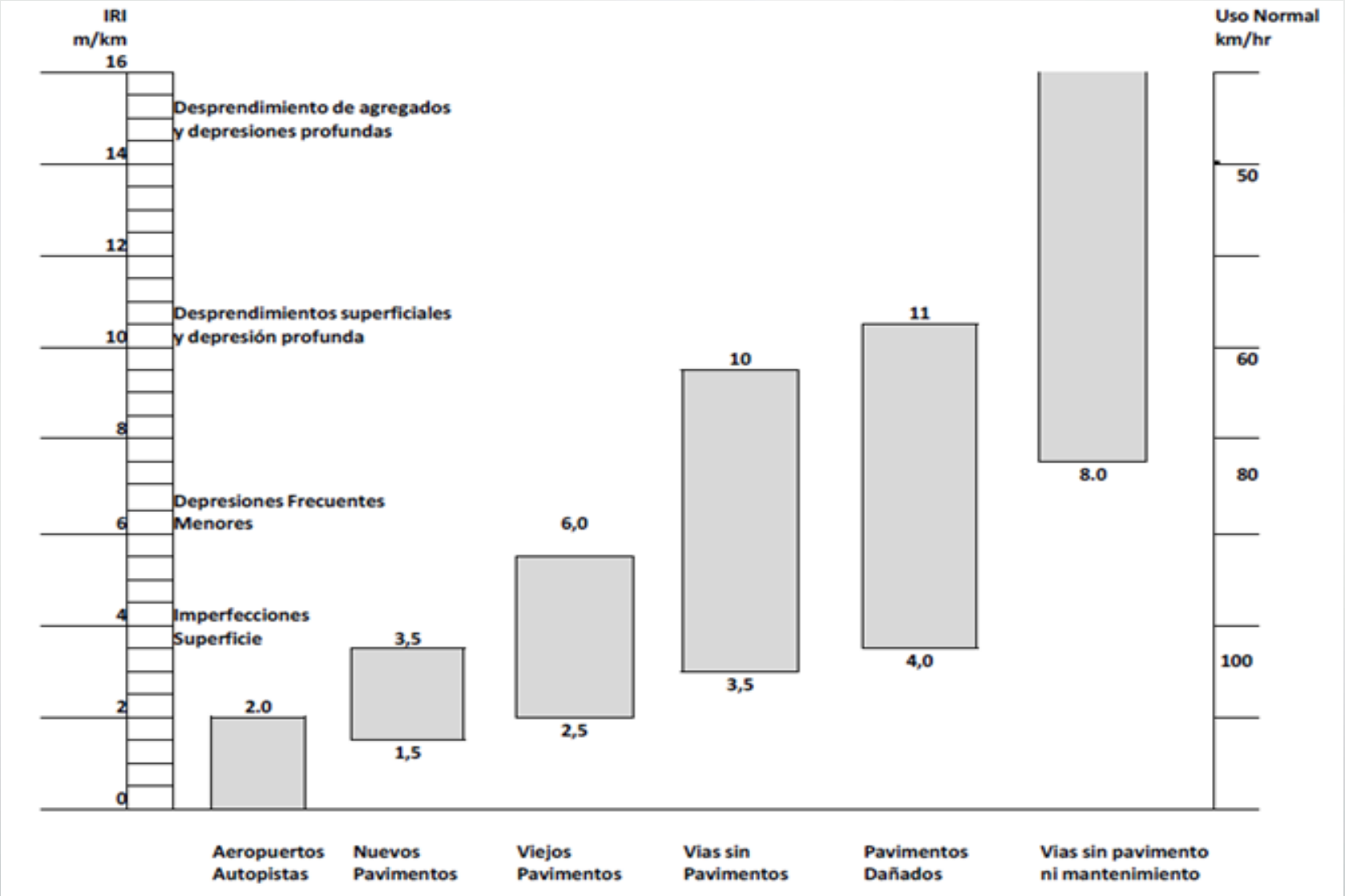
Últimamente la evaluación de la rugosidad de pavimentos, a través del cálculo de IRI, ha cobrado una gran importancia ya que el valor de la rugosidad es limitado al inicio y durante la operación de los tramos de carretera



CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS SEGÚN EL NIVEL DE RUGOSIDAD

Actualmente la rugosidad superficial de un pavimento se mide por medio del Índice de Rugosidad Internacional, más conocido como IRI.



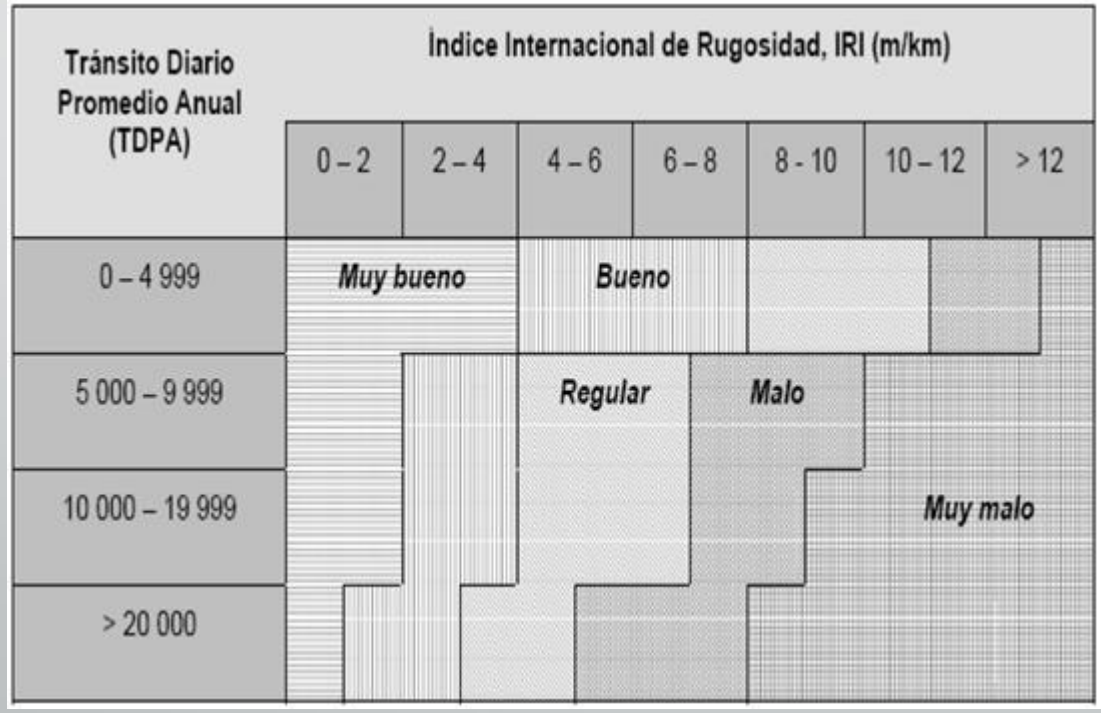


Clasificación de las vías de acuerdo al estudio realizado por el

Banco Mundial en el año de 1986

TPDA	IRI (m/Km)	PCI	RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO	SURCO DE HUELLA (mm)	DEFLEXIÓN (mm)
>5,000	2 - 3	85 - 100	> 55	6,0	< 0,40
3,000 - 5,000	3,5	85 - 100	> 55	6,0	0,45 – 0,40
1,000 - 3,000	4,0	70 - 85	> 50	6,0 - 8,0	0,58 – 0,45

Clasificación de las vías de acuerdo al Documento Técnico del MOP, Concesión de Carreteras



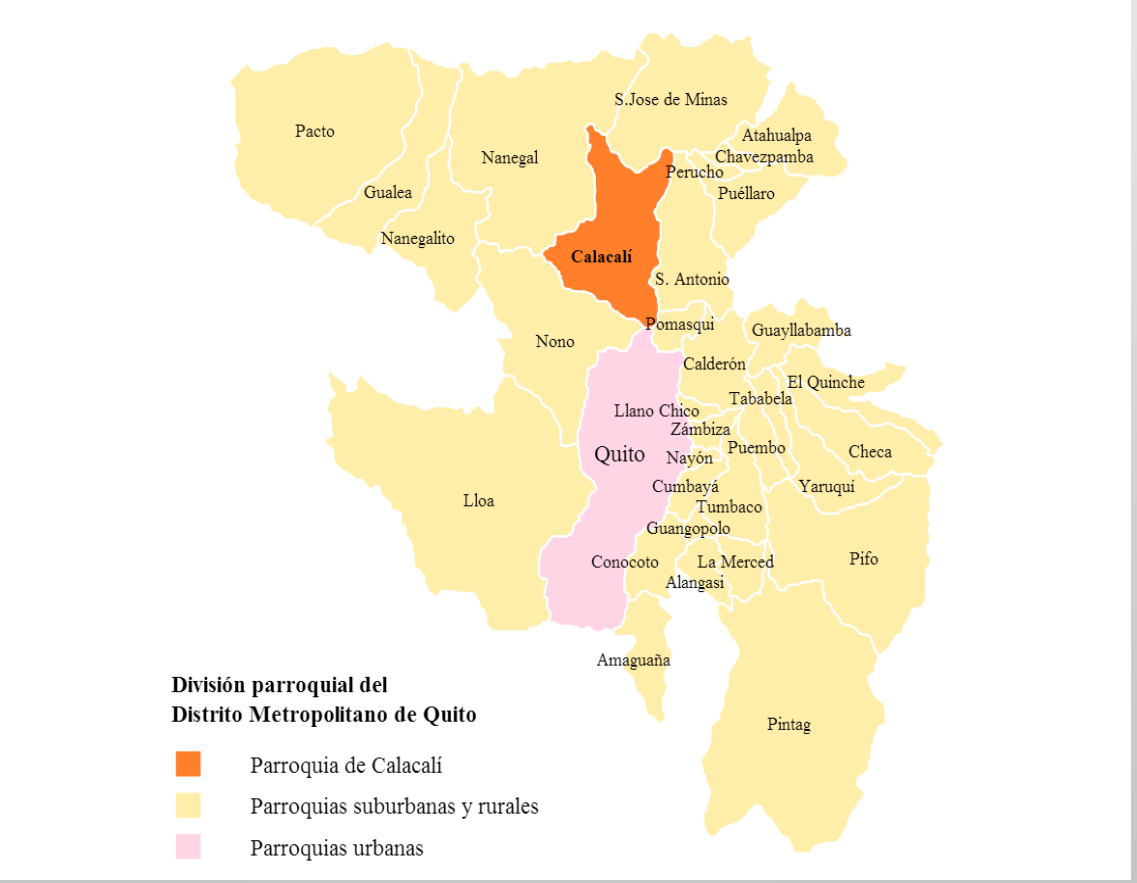
Recomendaciones de la Junta de Investigación de Transporte “TRB” en función del TPDA

CAPÍTULO II:

ESTUDIO TOPOGRÁFICO

SELECCIÓN DEL TRAMO A SER EVALUADO POR PRECISIÓN / REPETIBILIDAD

Provincia:	**Pichincha**
Cantón:	Quito
Parroquia:	Calacalí



Debido que este estudio empleará la Norma ASTM E950-09, en la sección 10 correspondiente a PROCEDIMIENTO y en el apartado 10.3 SECCIÓN DE PRUEBA, se describe lo siguiente:

> *“Para la medición de secciones cortas de prueba de una superficie recorrida, el operador debe familiarizarse con la sección de prueba, incluido el principio, el final y cualquier otra característica que haya que identificar dentro de la sección de prueba. Si se identifican características dentro de la sección de prueba que se detectan de forma automática, el operador deberá colocar el respectivo marcador en la superficie de rodadura, a los lugares que han sido identificados. Es muy importante que las marcas de rueda sean identificadas en la calzada de manera que las mediciones se hacen en las huellas de las ruedas o en los caminos que se van a medir.”*

	Estación (km)	X	Y
Punto Inicial	0+000	779334,234	10000431,229
Punto Final	0+350	778985.975	10000394.2

Coordenadas geográficas del punto inicial y final del tramo de estudio

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Miércoles 13 de marzo de 2013

Estación Total Trimble 3305 Dr.

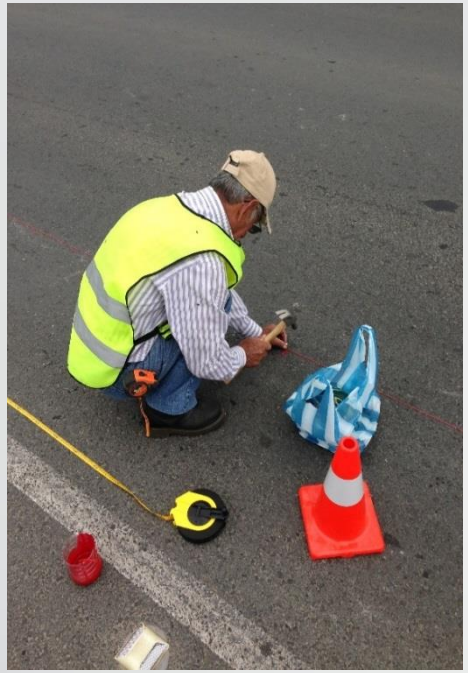
PROCEDIMIENTO TRABAJO DE CAMPO

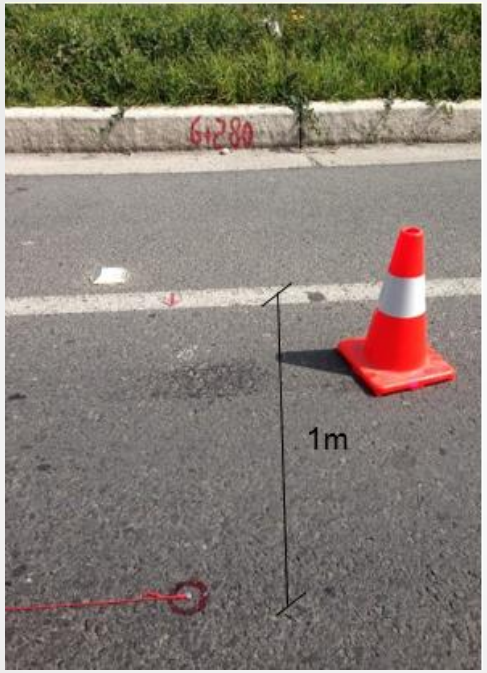
- Se identifica el punto de partida mediante la utilización del GPS Mobile Mapper ™ 6 marca MAGELLAN y se señala el punto, el cual es llamado punto auxiliar No.1.
- Con un flexómetro, se mide 1 metro desde la línea referencial derecha para que el levantamiento se realice en la huella derecha.
- Se mide una distancia de 150 metros para poner el punto auxiliar No. 2, que además es la Estación No. 1.

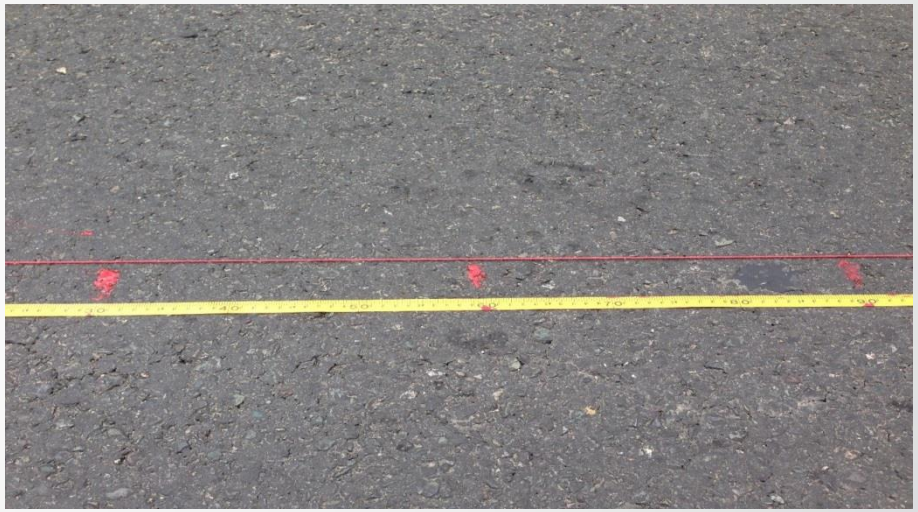
PROCEDIMIENTO TRABAJO DE CAMPO

- Una vez que se ha plantado el equipo, desde el punto auxiliar No.1, se señala la carpeta de rodadura con un espaciamiento de 30 centímetros como indica la Norma ASTM E950-09.

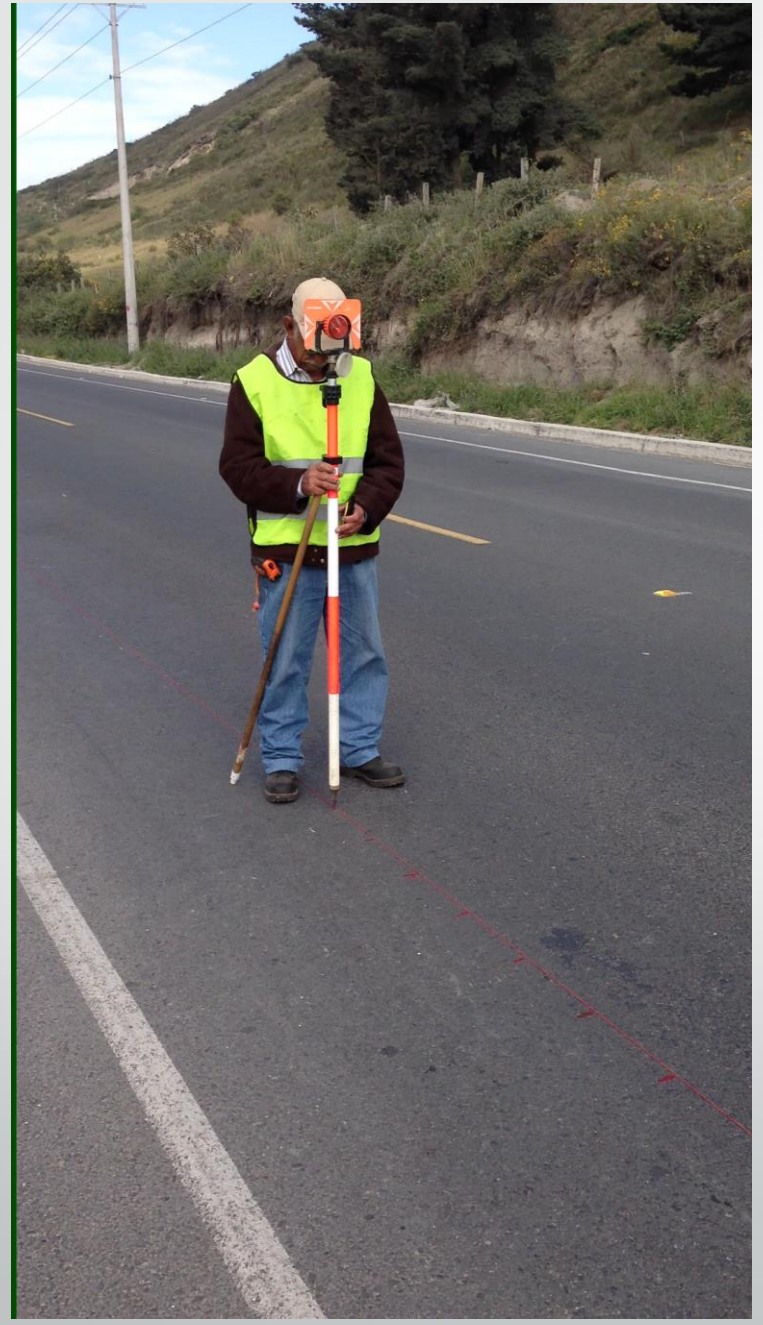
- El trabajo de campo inicia y de esta manera es como se realiza el levantamiento topográfico del tramo de estudio para Precisión / Repetibilidad. Adicionalmente, se señalarán dos puntos auxiliares que se denominan Estación No. 2 y No. 3.





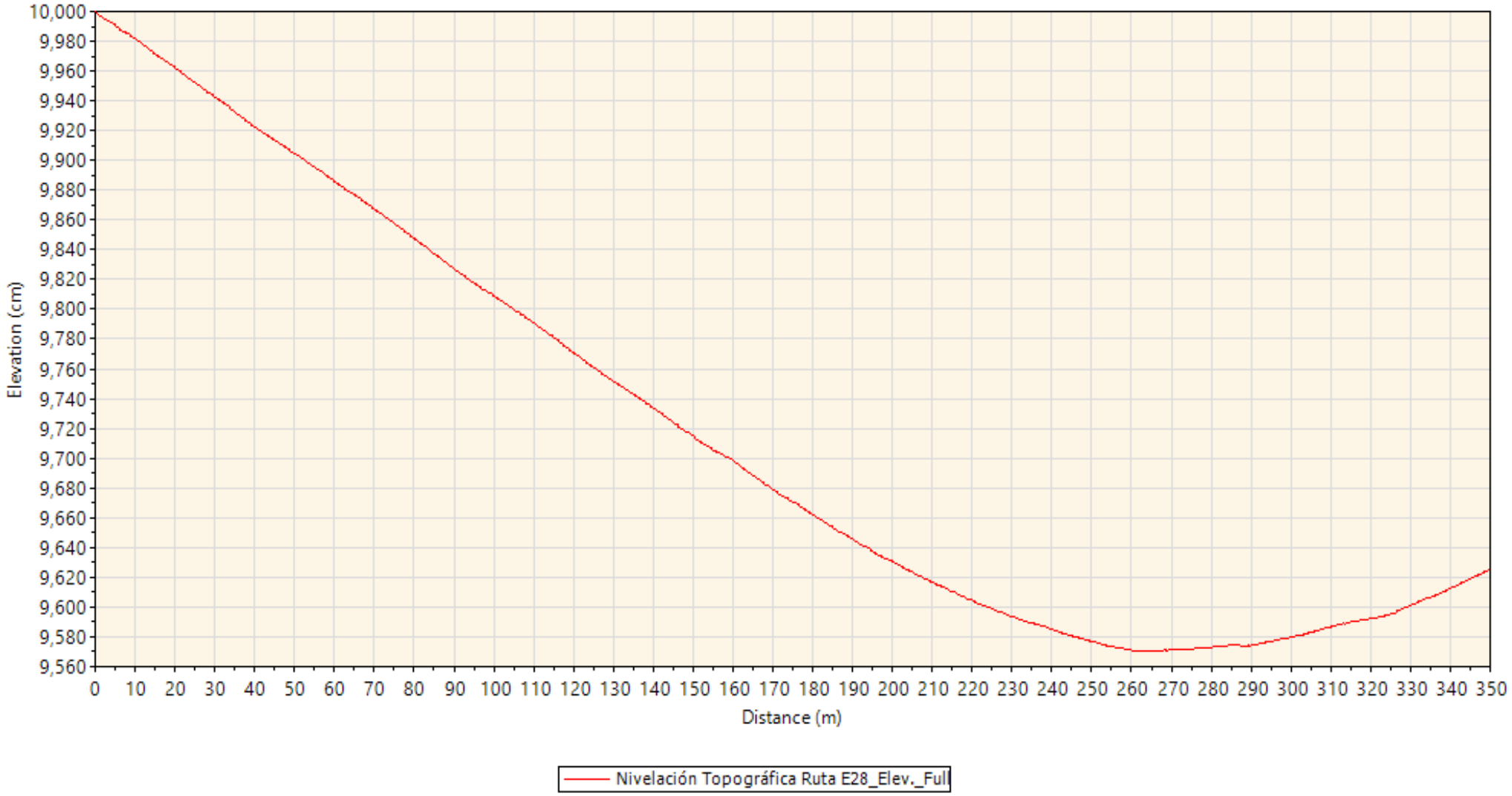


	X	Y
Estación No.1	779185,110	10000415,363
Estación No.2	779016,201	10000397,574
Estación No.3	778976,452	10000393,201



30 cm

Nivelación Ruta E28 Geo-referenciada



Representación del perfil topográfico del pavimento

CAPÍTULO III:

UTILIZACIÓN DEL PERFILÓMETRO INERCIAL MARK III

INTRODUCCIÓN A LOS PERFILÓMETROS INERCIALES

La regularidad de la superficie de una carretera es el parámetro que más incide en el viajero pues influye en su comodidad y en su seguridad. Esta característica de la carretera depende de la calidad de ejecución de la obra nueva y del mantenimiento a lo largo de la explotación de la misma.

Hasta hace poco tiempo el perfil se ha evaluado casi exclusivamente mediante aparatos de referencia geométrica pero debido al bajo rendimiento de los mismos, se ha desarrollado tres tipos de equipos de alto rendimiento.

CARACTERÍSTICAS DEL PERFILÓMETRO INRECIAL MARK III

DPU

Odómetro

Foto Sensor

Sensores Láser

GPS

Acelerómetros

Barra Transductora

Sensor Láser

Acelerómetro

Foto Sensor

Láser de Ahuellamiento

Odómetro

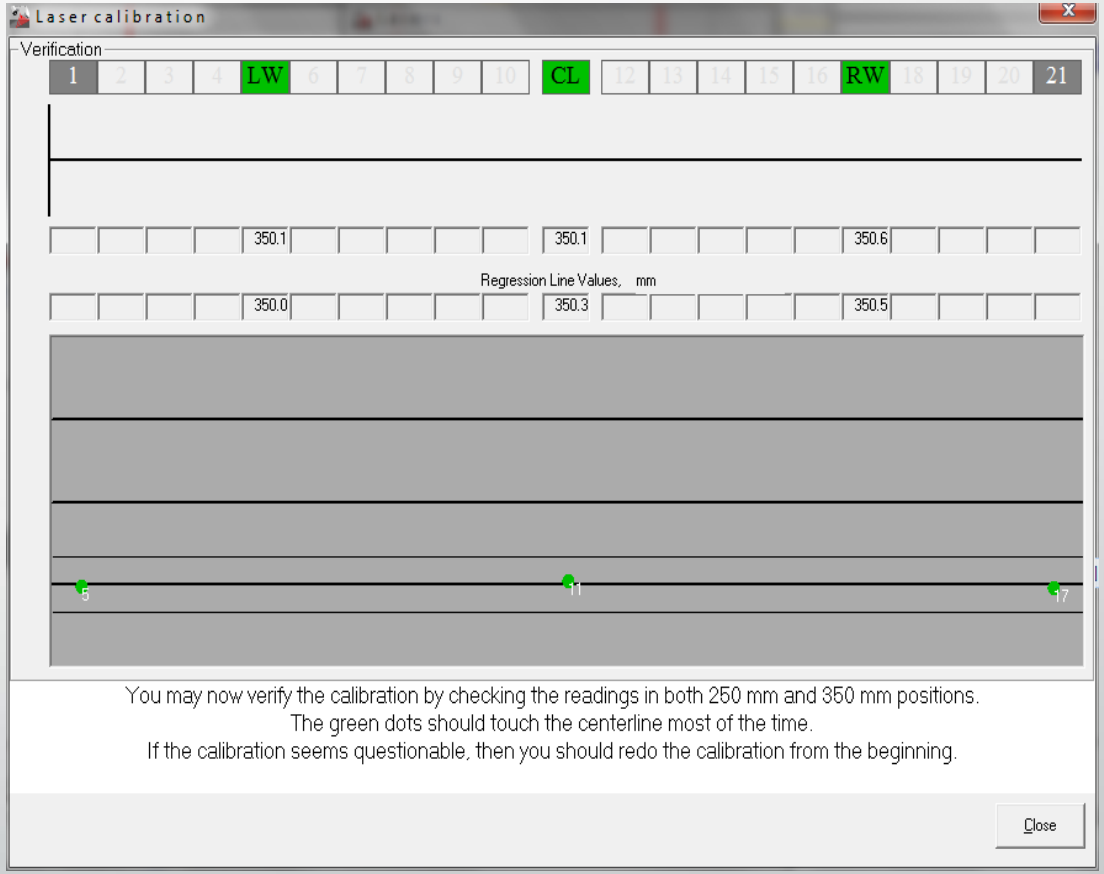
DPU

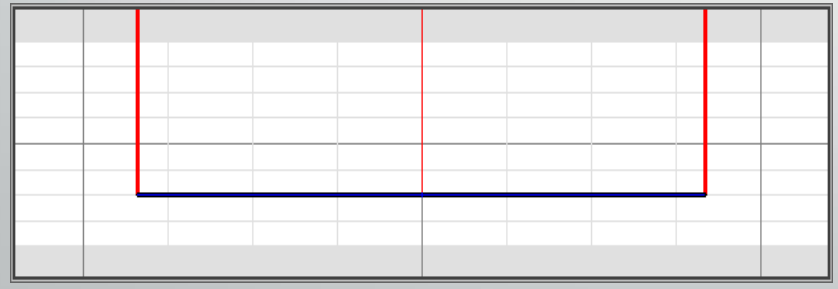
APLICACIÓN DE LA NORMA ASTM E950-09

En la Norma ASTM E950-09 **“MÉTODO ESTÁNDAR PARA MEDIR EL PERFIL LONGITUDINAL DE UNA SUPERFICIE DE VIAJE CON UN ACELERÓMETRO ESTABLECIENDO UN PERFIL DE REFERENCIA INERCIAL”** establece realizar calibraciones a los siguientes componentes del equipo antes de realizar las pruebas.

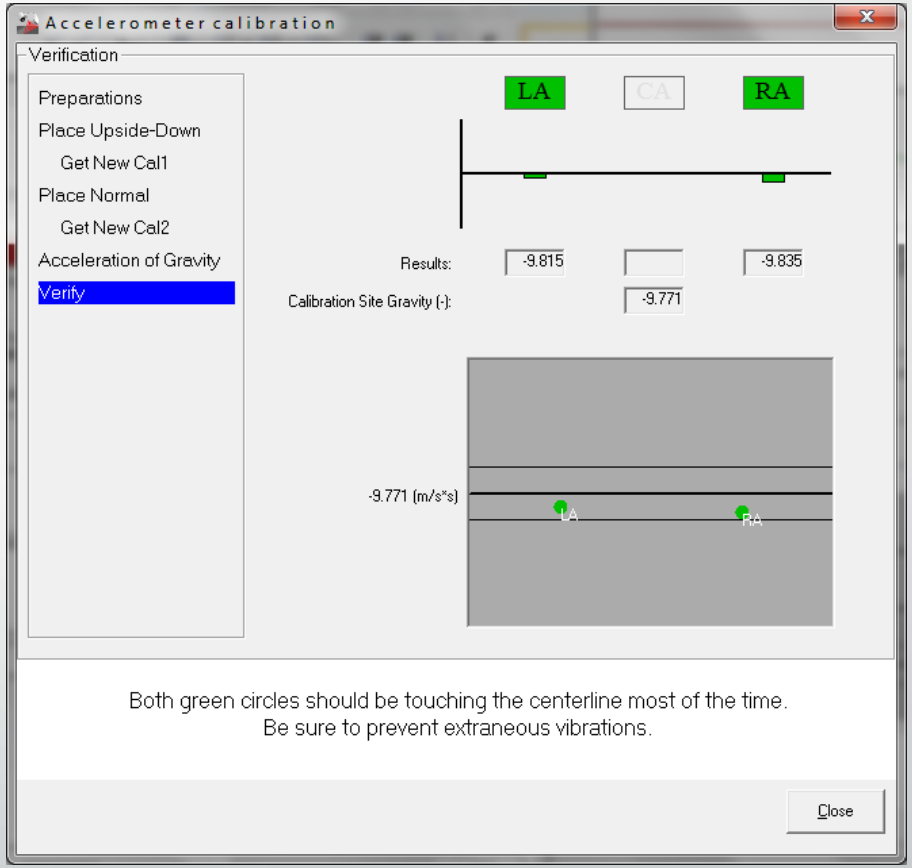
- Barra Transductora
- Acelerómetro
- Medidor de Distancia

BARRA TRANSDUCTORA



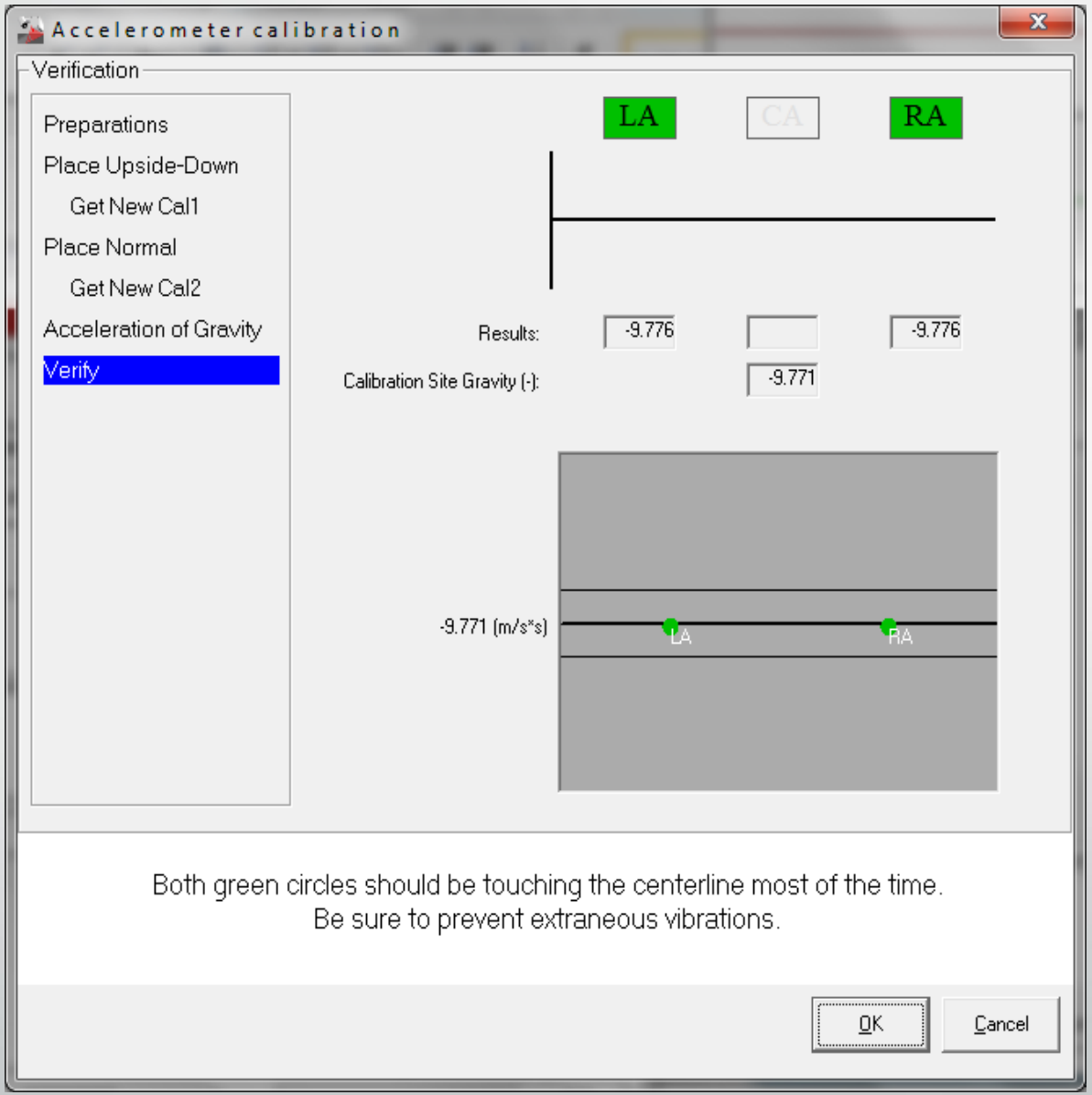


ACELERÓMETROS



Para realizar la calibración de los dos acelerómetros, es necesario contar con un espacio cerrado y que el vehículo se encuentre totalmente apagado.

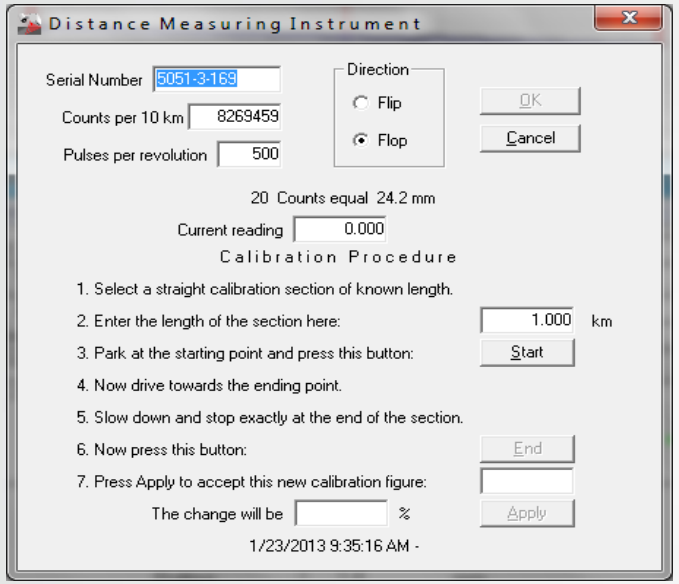
- Utilizando una pasta para moldear, se colocan los acelerómetros al revés de su posición de trabajo y utilizando un nivel se busca la posición horizontal en referencia a la barra transductora para tomar los nuevos valores de calibración.
- De manera similar, se realiza el mismo procedimiento cuando los acelerómetros se encuentran en la posición normal de trabajo.

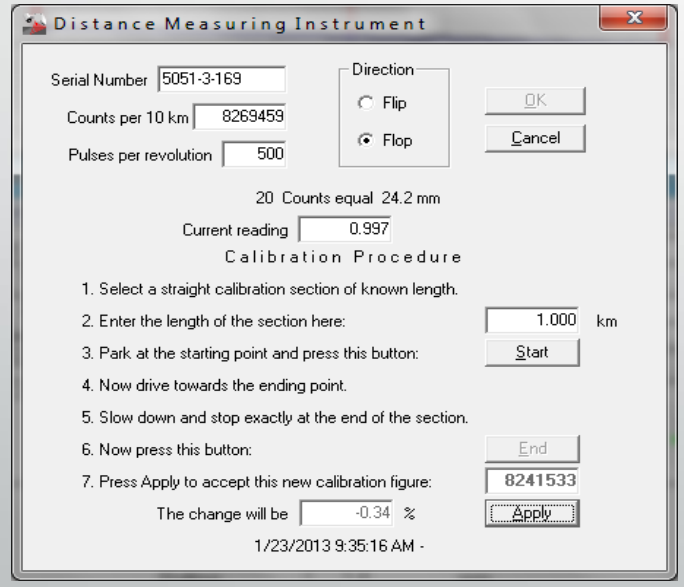

Accelerometer calibration
Verification
Preparations
Place Upside-Down
Get New Cal1
Place Normal
Get New Cal2
Acceleration of Gravity
Verify
LA
CA
RA
Results:
-9.776
-9.776
Calibration Site Gravity (-):
-9.771
-9.771 (m/s*s)
LA
RA
Both green circles should be touching the centerline most of the time.
Be sure to prevent extraneous vibrations.
OK
Cancel

MEDIDOR DE DISTANCIA (ODÓMETRO)

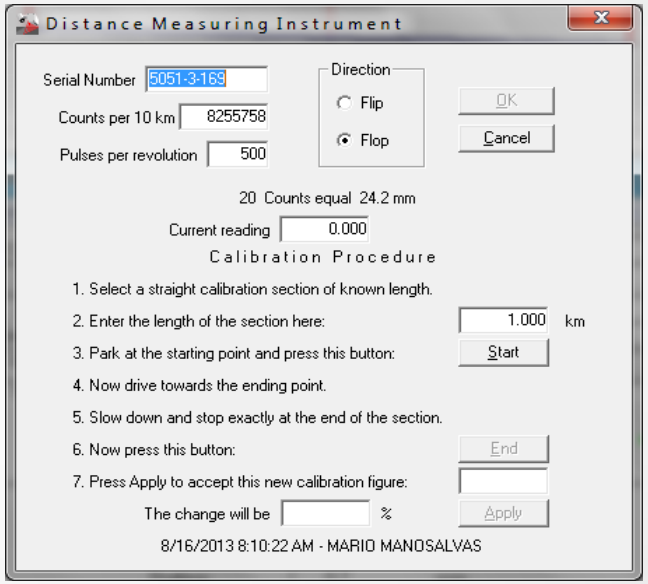
El proceso para realizar la calibración del medidor de distancia es midiendo una distancia conocida y viendo el cambio que se produce entre los valores guardados y los que se van a tomar.

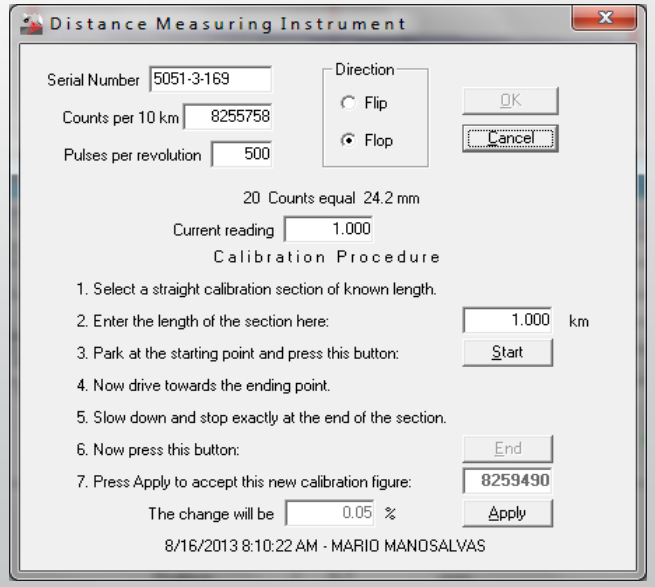
PRIMERA PRUEBA



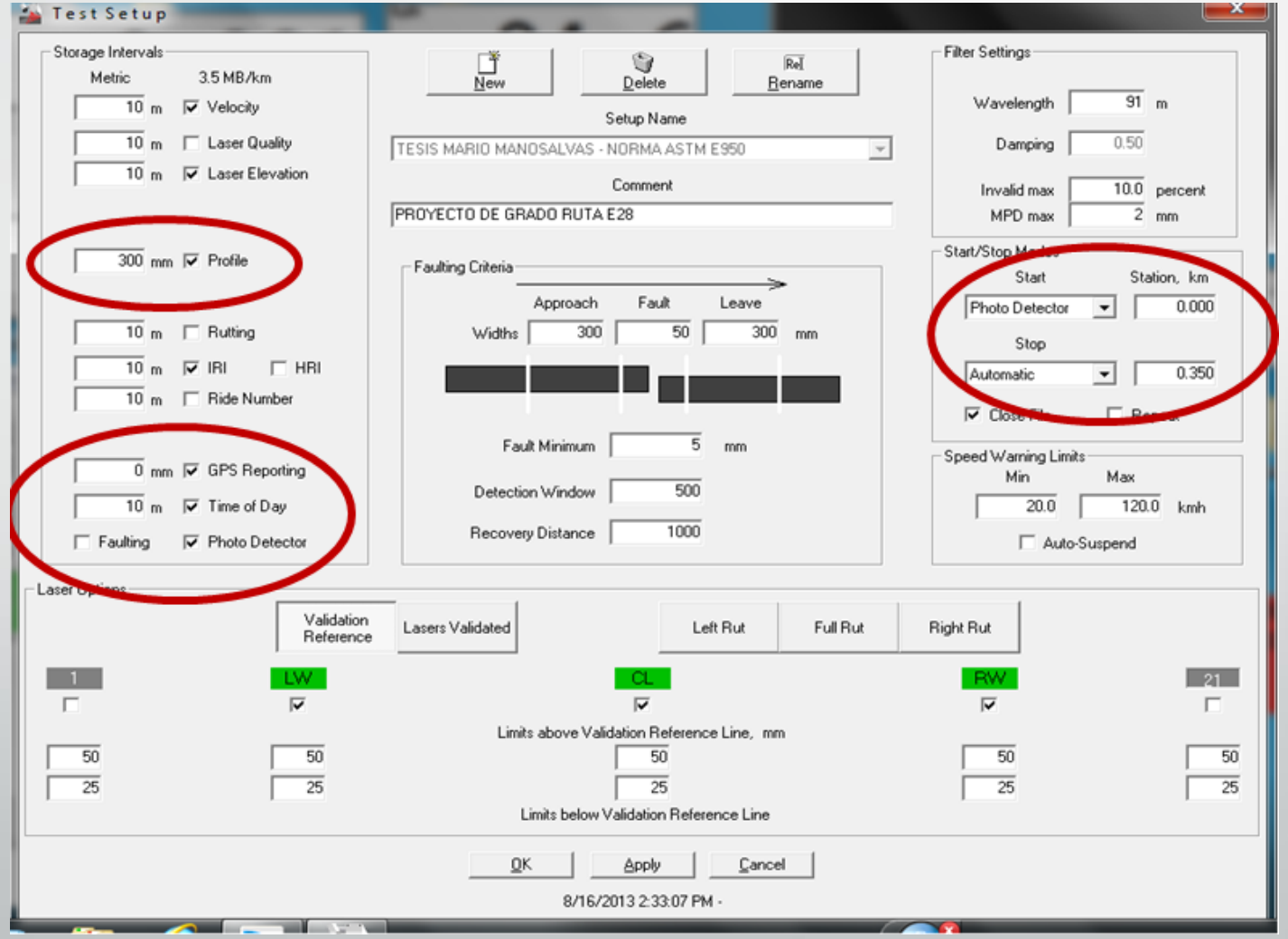


SEGUNDA PRUEBA

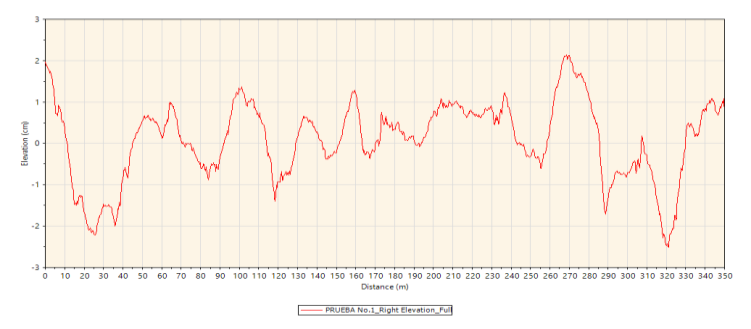


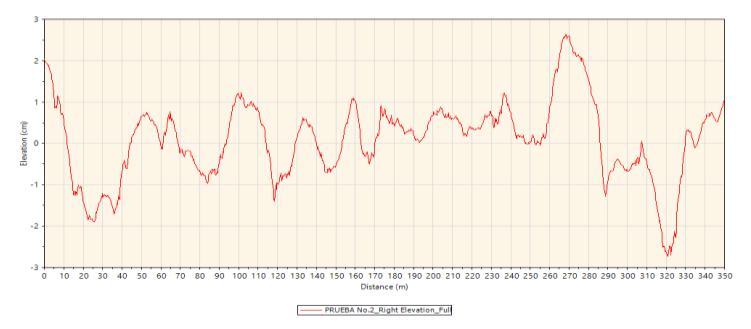


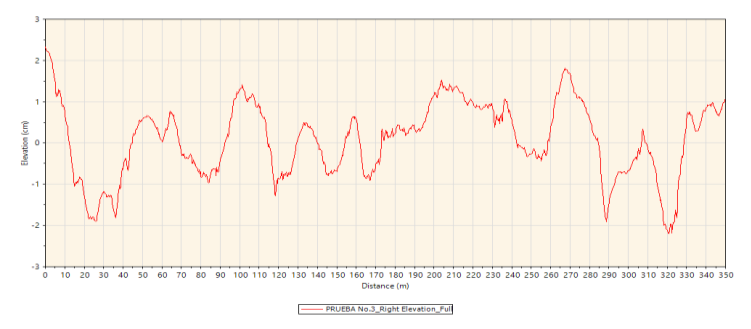
MEDICIÓN DEL TRAMO CON EL PERFILÓMETRO INERCIAL MARK III

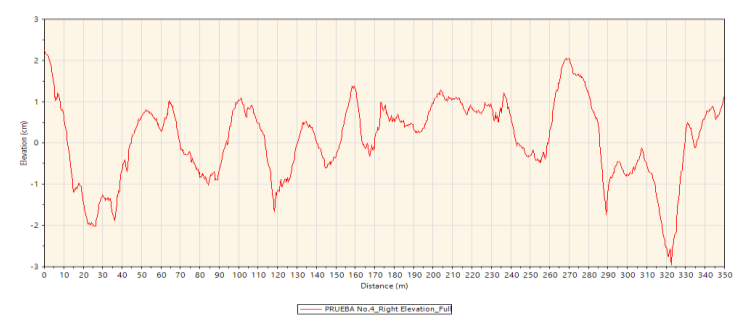


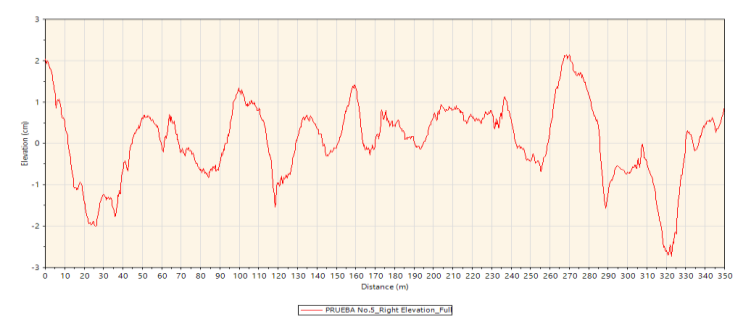
PRUEBAS DE REPETIBILIDAD Y PRECISIÓN



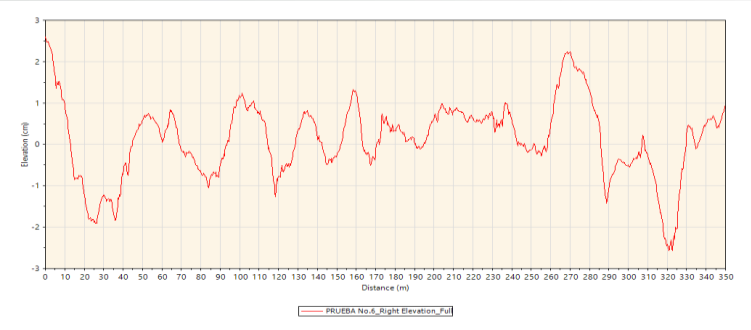


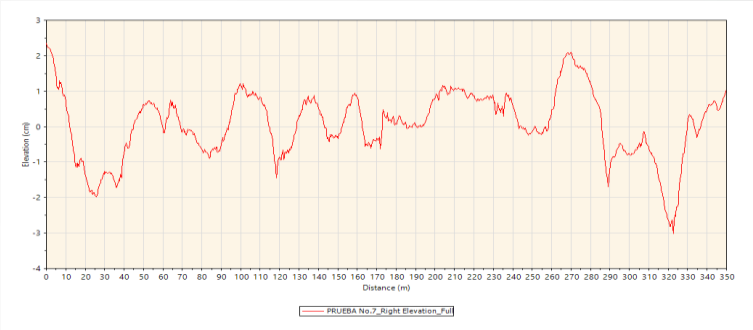


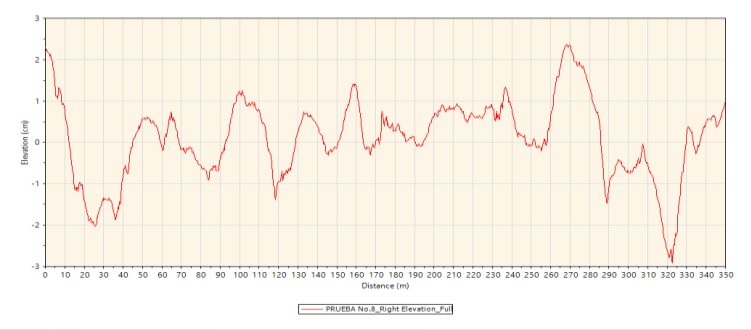


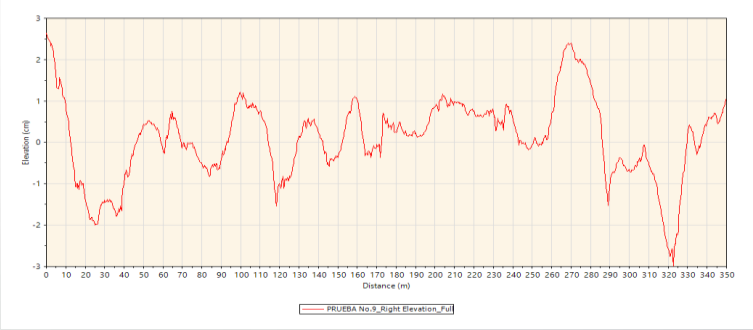


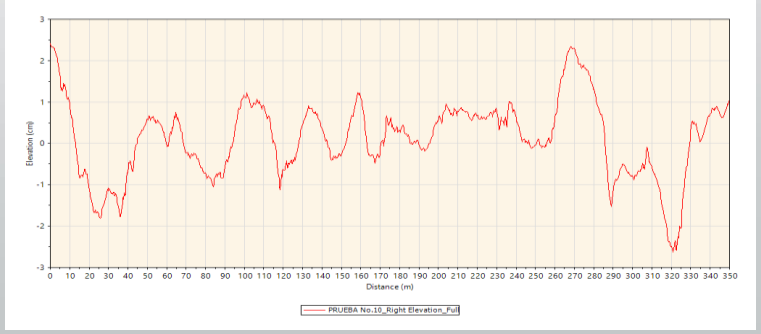
PRUEBAS DE REPETIBILIDAD Y PRECISIÓN

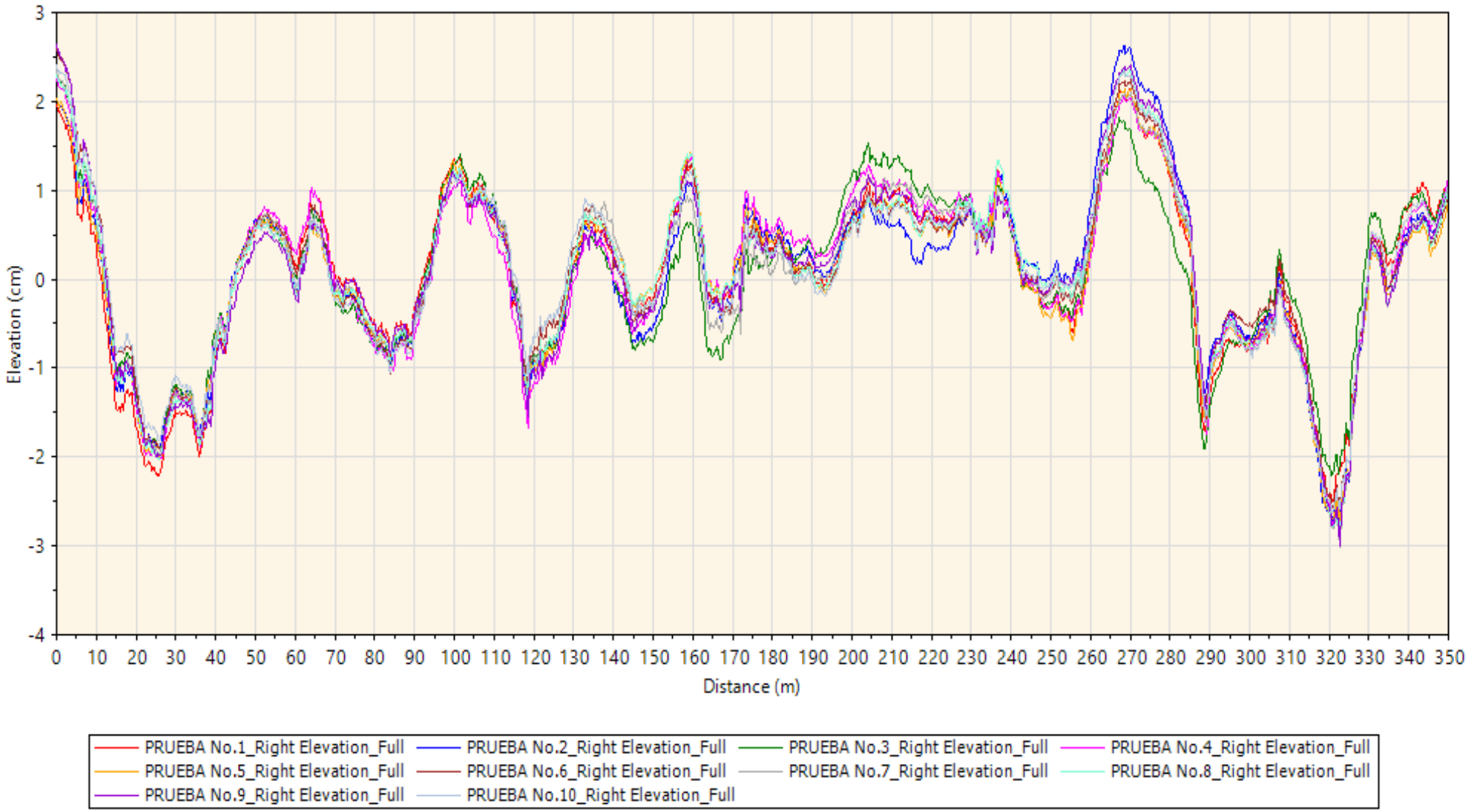




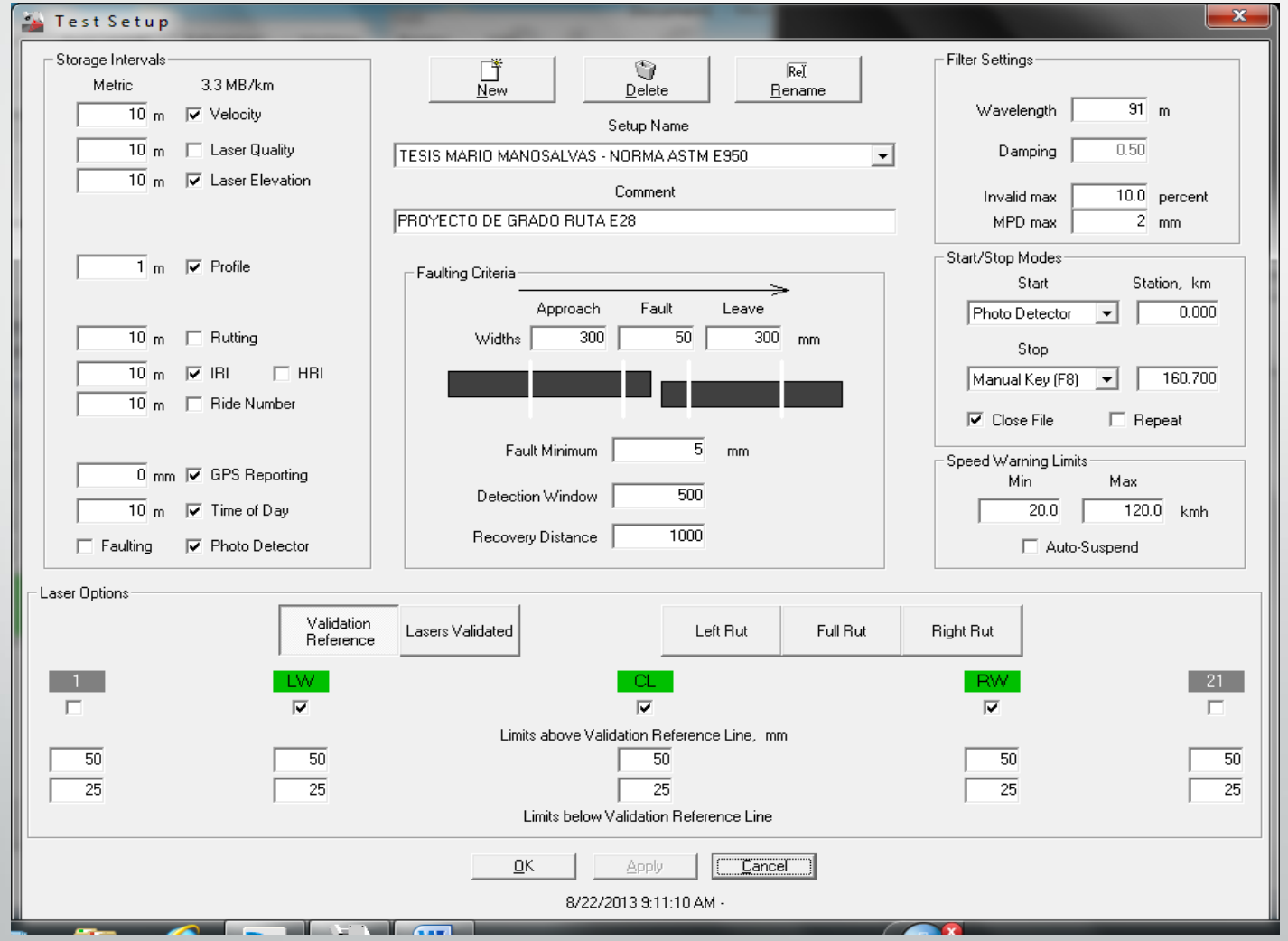







Elevation (cm)
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350
Distance (m)
PRUEBA No.1_Right Elevation_Full
PRUEBA No.2_Right Elevation_Full
PRUEBA No.3_Right Elevation_Full
PRUEBA No.4_Right Elevation_Full
PRUEBA No.5_Right Elevation_Full
PRUEBA No.6_Right Elevation_Full
PRUEBA No.7_Right Elevation_Full
PRUEBA No.8_Right Elevation_Full
PRUEBA No.9_Right Elevation_Full
PRUEBA No.10_Right Elevation_Full

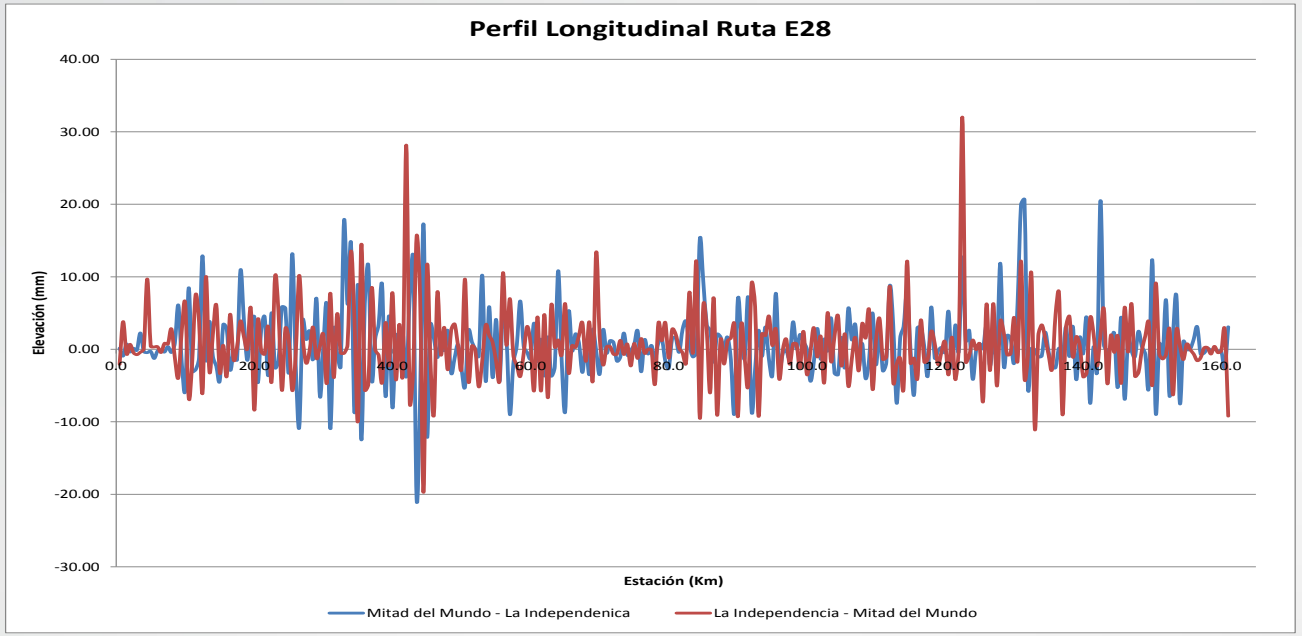
MEDICIÓN DE LA RUTA E28
“MITAD DEL MUNDO – LA INDEPENDENCIA”

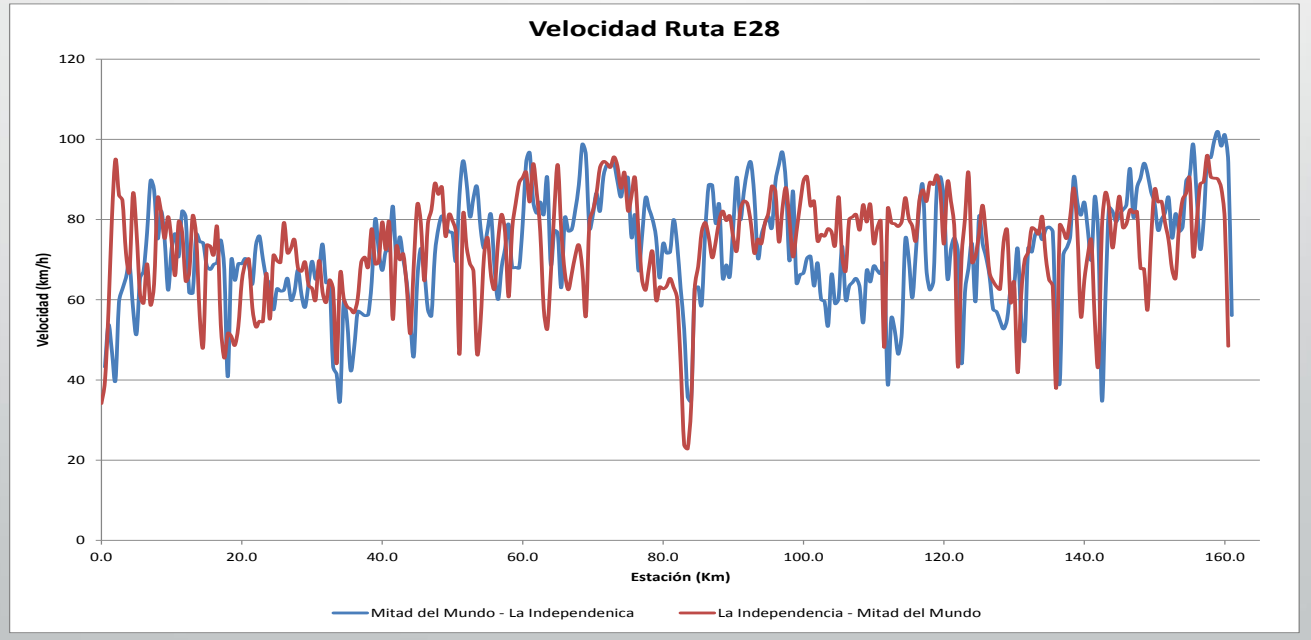


Dynatest

PROMANVIAL
Dynatest

La Independencia
Mitad del Mundo
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image Landsat
Google earth


Perfil Longitudinal Ruta E28
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
-10.00
-20.00
-30.00
Elevación (mm)
0.0
20.0
40.0
60.0
80.0
100.0
120.0
140.0
160.0
Estación (Km)
Mitad del Mundo - La Independenica
La Independencia - Mitad del Mundo


Velocidad Ruta E28
120
100
80
60
40
20
0
Velocidad (km/h)
0.0
20.0
40.0
60.0
80.0
100.0
120.0
140.0
160.0
Estación (Km)
Mitad del Mundo - La Independenica
La Independencia - Mitad del Mundo

CAPÍTULO IV:

PROVAL
(Profile Viewing and AnaLysis)

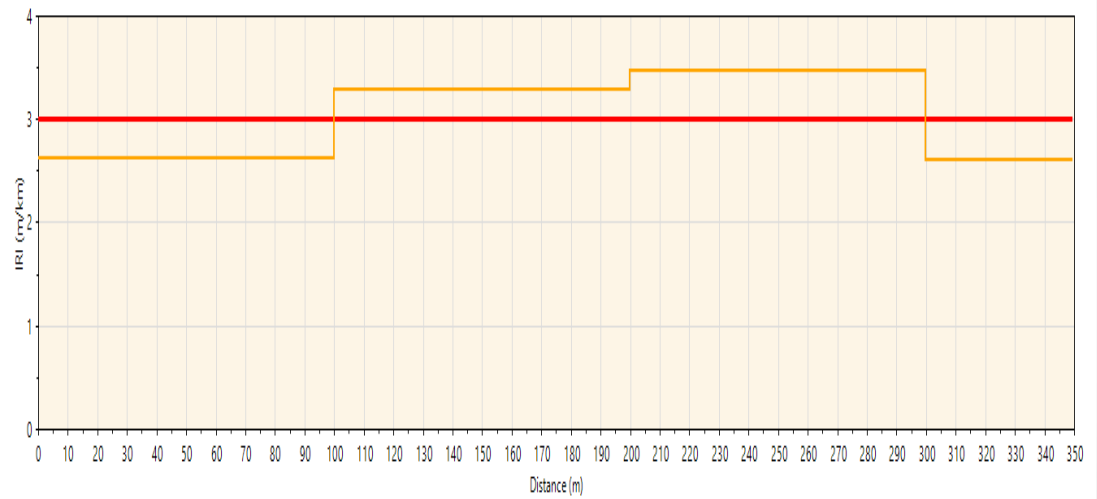
INTRODUCCIÓN

ProVAL es un software de ingeniería, que permite visualizar y analizar perfiles de pavimentos de diversas maneras, es patrocinado por el Departamento de Transporte de los Estados Unidos de América, la Administración Federal de Carreteras (FHWA), y el programa de desempeño de pavimentos a largo plazo (LTPP). El programa puede ser descargado de la pagina www.roadprofile.com

PROVAL EN LA SECCIÓN DE PRUEBA

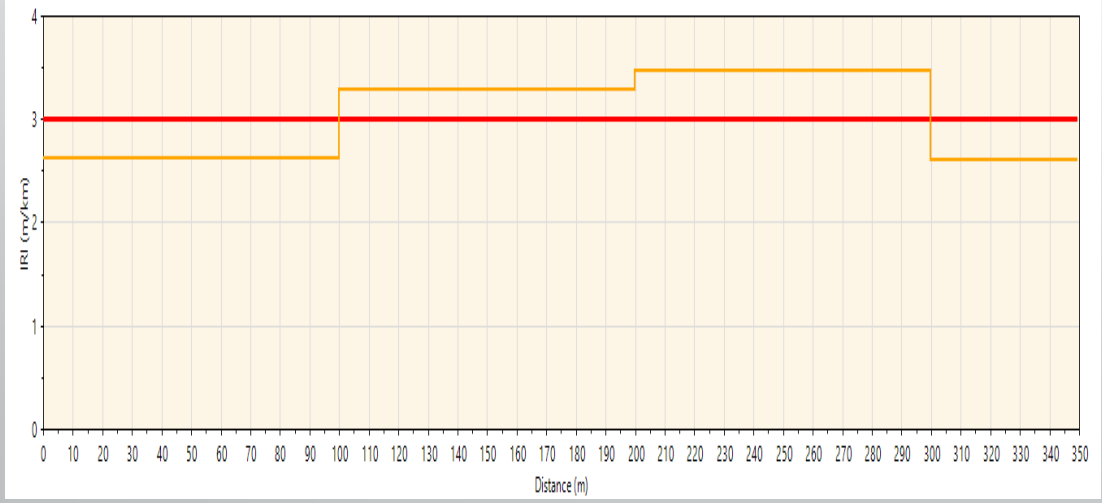
El software ProVAL, se utilizará para obtener el Índice de Rugosidad Internacional IRI, en la sección de prueba para los dos equipos utilizados, con la finalidad de tener un parámetro de comparación y poder generar conclusiones sobre los valores obtenidos.

CÁLCULO DE IRI
(NIVELACIÓN TOPOGRÁFICA)



Start Distance (m)	Stop Distance (m)	Length (m)	Elev. - IRI (m/km)
0	100	100	2.61
100	200	100	3.29
200	300	100	3.47
300	350	50	2.60

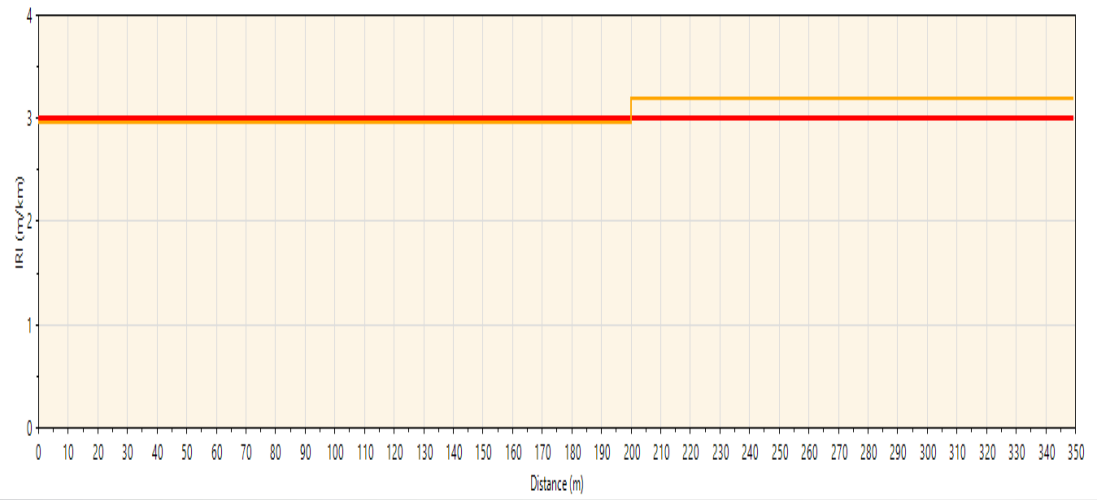
Promedio: 3.10 m/km



Start Distance (m)	Stop Distance (m)	Length (m)	Elev. - IRI (m/km)
0	100	100	2.61
100	200	100	3.29
200	300	100	3.47
300	350	50	2.60

Promedio: 2.99 m/km

CÁLCULO DE IRI
(NIVELACIÓN TOPOGRÁFICA)

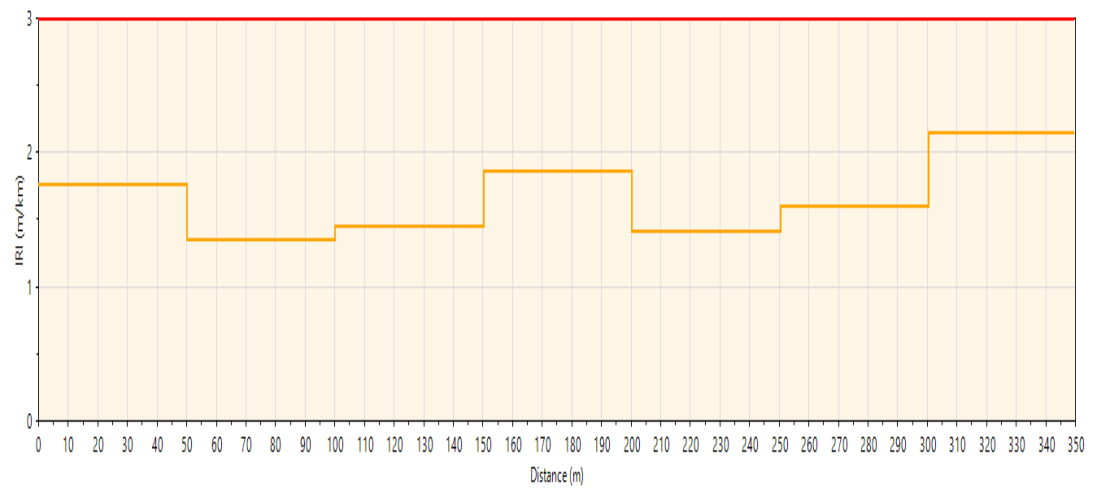


Start Distance (m)	Stop Distance (m)	Length (m)	Elev. - IRI (m/km)
0	200	200	2.95
200	350	150	3.19

Promedio: 3.07 m/km

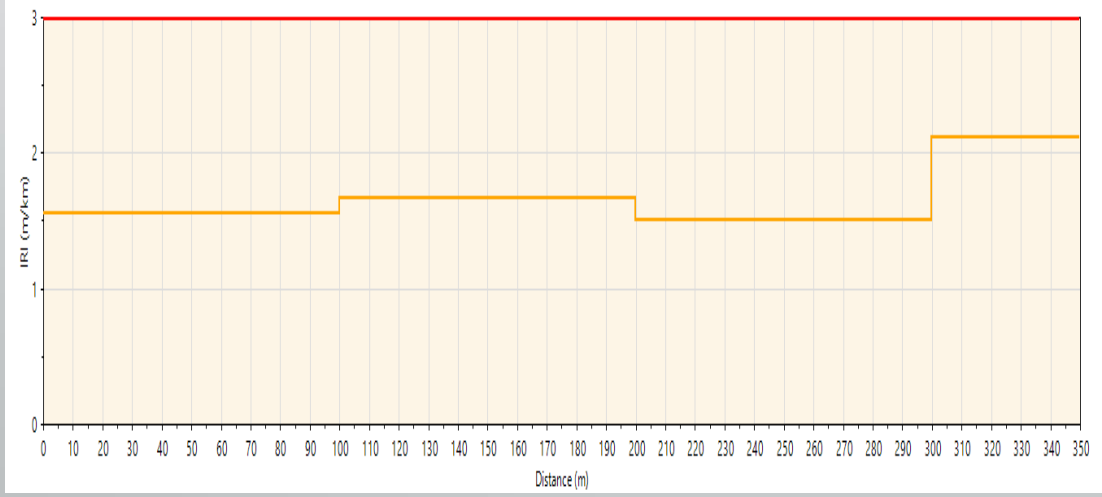
File	Profile	IRI (m/km)
Nivelación Mira y Nivel	Elev.	3.05

CÁLCULO DE IRI
(PERFILÓMETRO INERCIAL)



Start Distance (m)	Stop Distance (m)	Length (m)	PRUEBA No.1 (m/km)
0	50	50	1.76
50	100	50	1.34
100	150	50	1.44
150	200	50	1.86
200	250	50	1.41
250	300	50	1.60
300	350	50	2.15

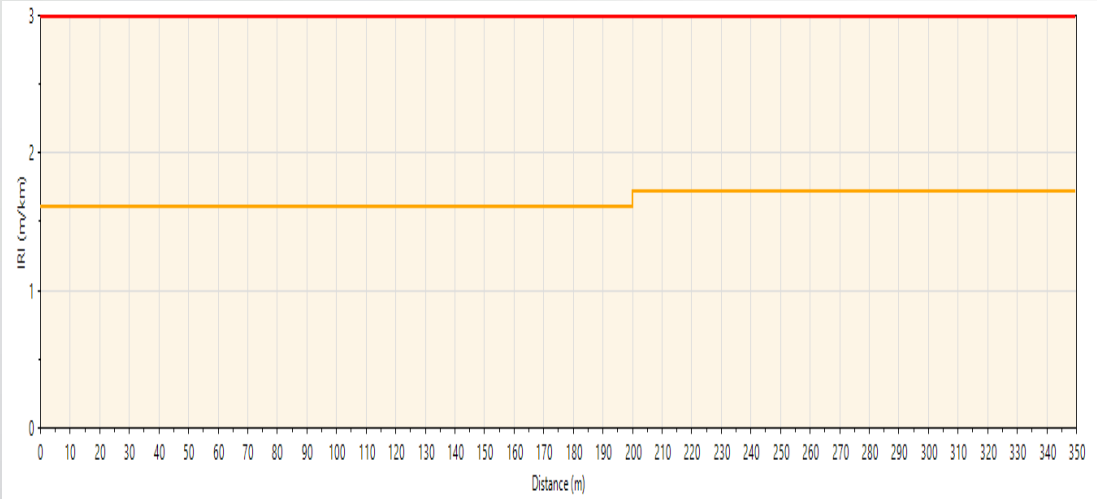
Promedio: 1.65 m/km



Start Distance (m)	Stop Distance (m)	Length (m)	PRUEBA No.1 (m/km)
0	100	100	1.55
100	200	100	1.66
200	300	100	1.51
300	350	50	2.11

Promedio: 1.71 m/km

CÁLCULO DE IRI
(PERFILÓMETRO INERCIAL)



Start Distance (m)	Stop Distance (m)	Length (m)	PRUEBA No.1 (m/km)
0	200	200	1.60
200	350	150	1.72

Promedio: 1.66 m/km

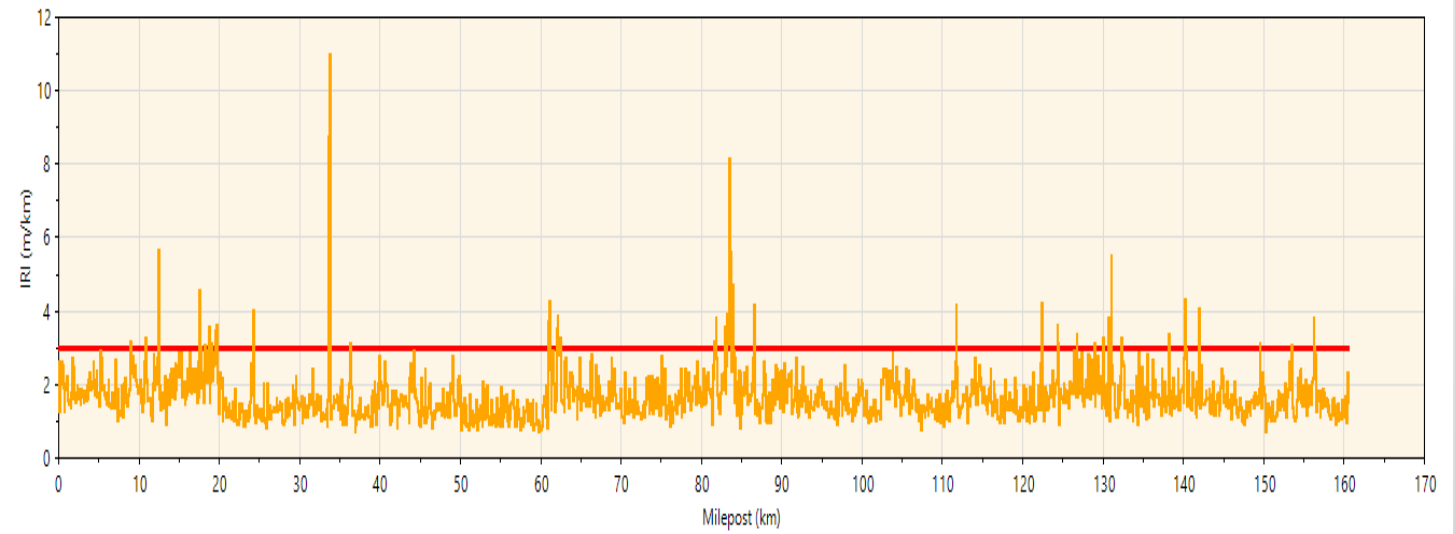
File	Profile	IRI (m/km)
PRUEBA No.1	Right Elevation	1.65

PROVAL EN LA RUTA E28

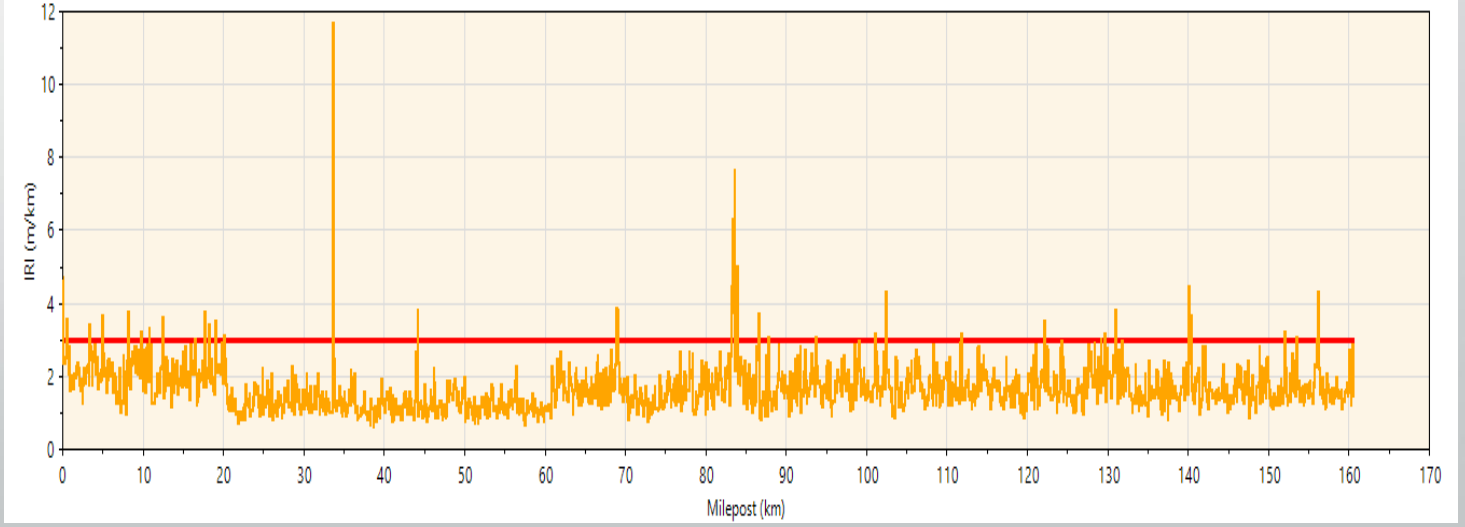
Para la realización de los cálculos, se hará un análisis para cada sentido de la carretera en la huella derecha. Se utilizará el Documento Técnico MOP como unidad de control.

IRI CADA 100 METROS

Mitad del Mundo – La Independencia
Promedio: 1.65 m/km

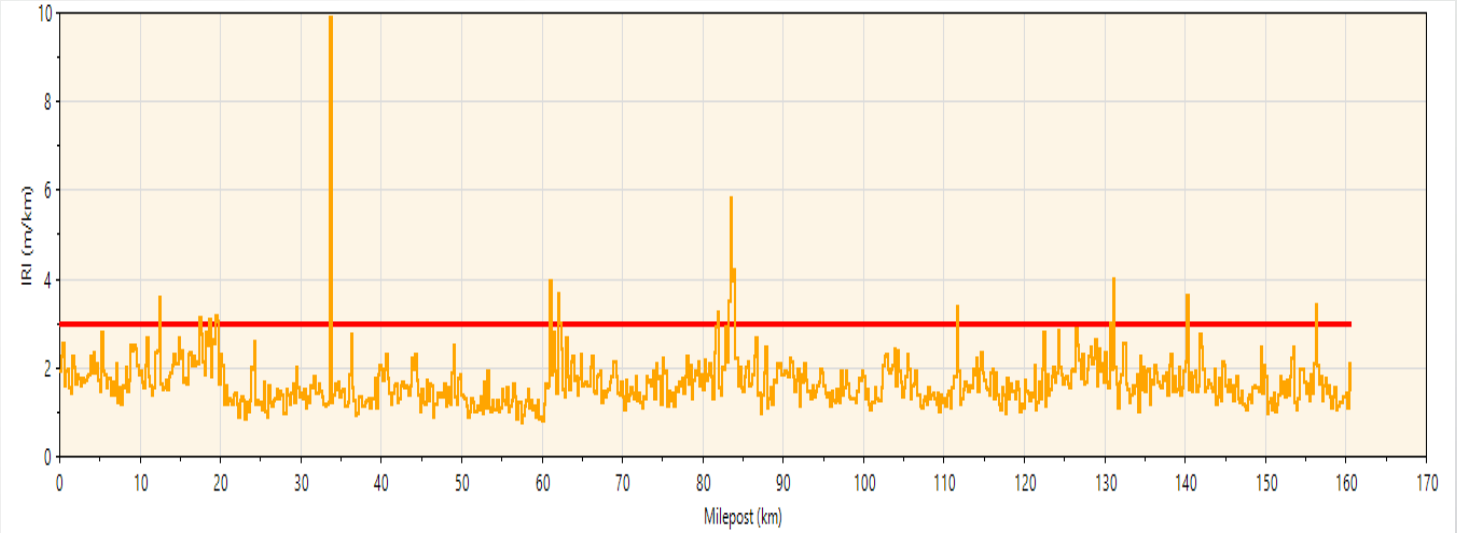


La Independencia - Mitad del Mundo
Promedio: 1.66 m/km

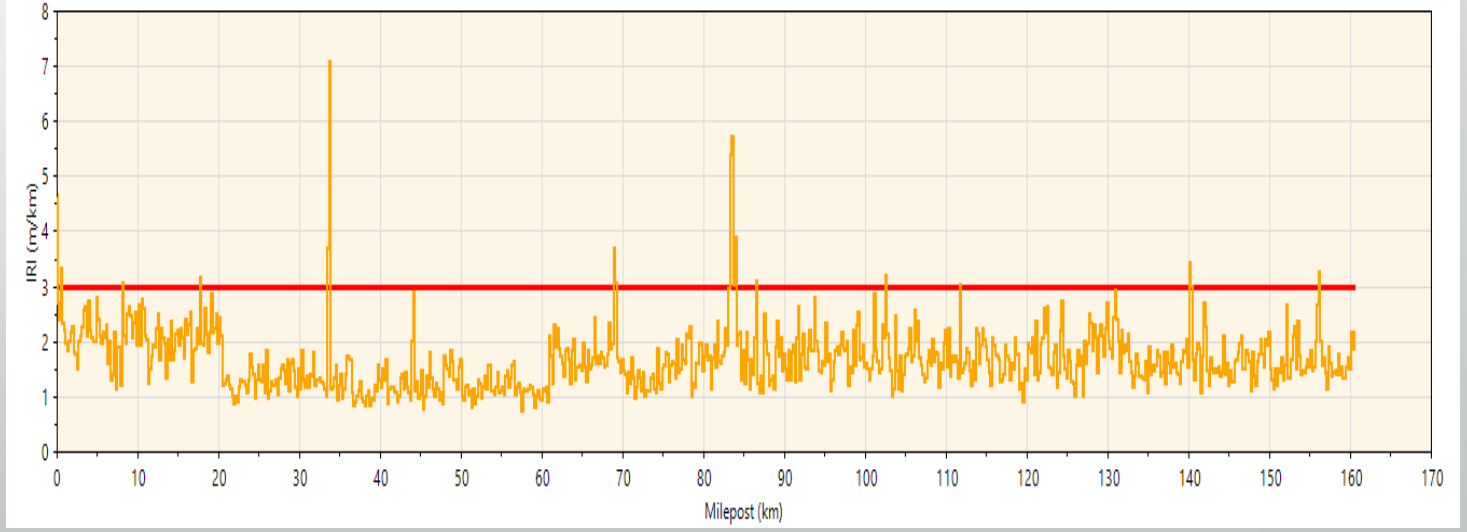


IRI CADA 200 METROS

Mitad del Mundo – La Independencia
Promedio: 1.65 m/km

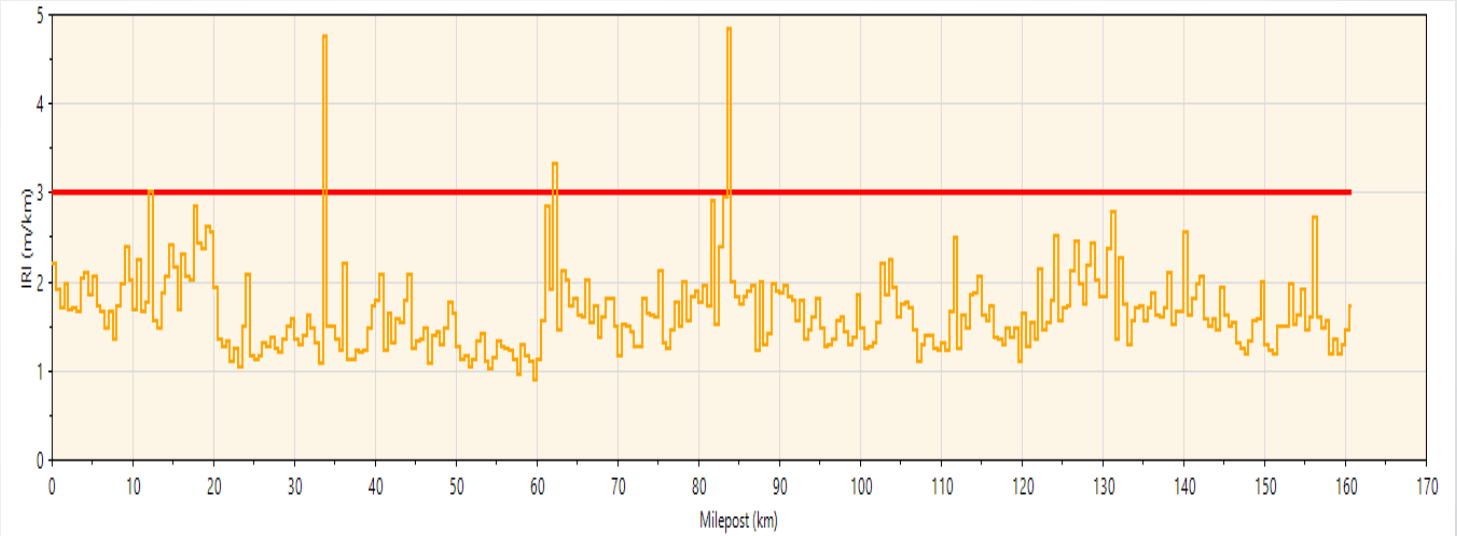


La Independencia - Mitad del Mundo
Promedio: 1.66 m/km

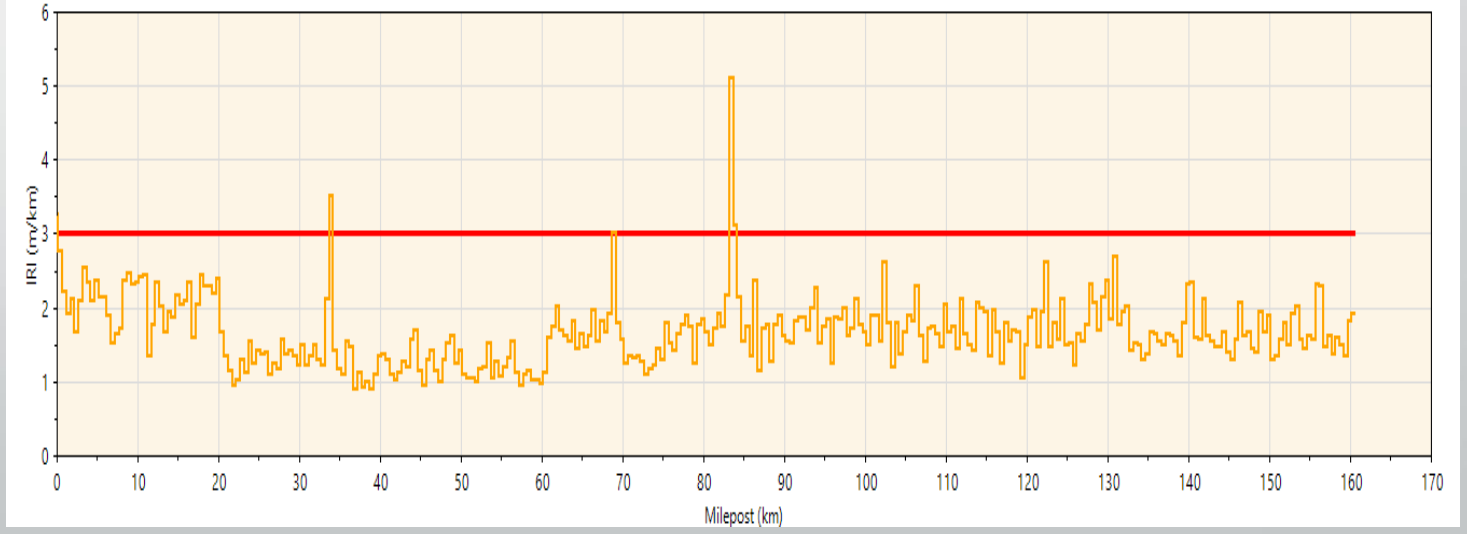


IRI CADA 500 METROS

Mitad del Mundo – La Independencia
Promedio: 1.66 m/km

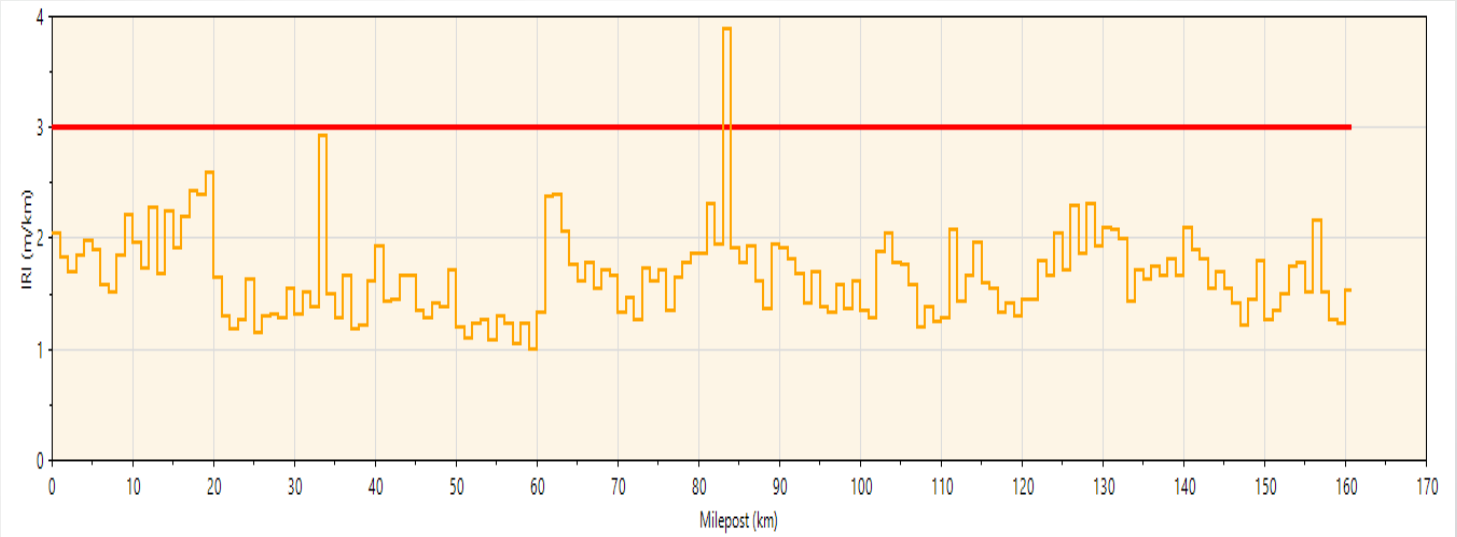


La Independencia - Mitad del Mundo
Promedio: 1.66 m/km

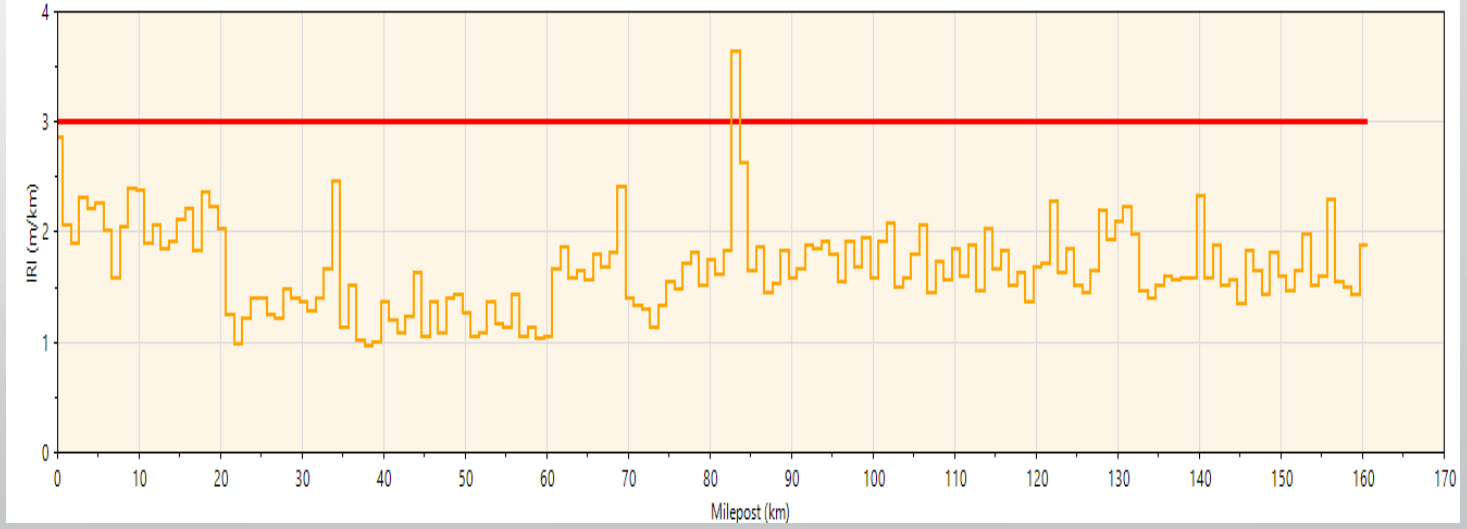


IRI CADA 1000 METROS

Mitad del Mundo – La Independencia
Promedio: 1.65 m/km



La Independencia - Mitad del Mundo
Promedio: 1.66 m/km



Km 19+000 – Km 20+000

IRI Promedio: 2.59 m/km

Km 33+000 – Km 34+000

IRI Promedio: 2.92 m/km

Km 83+000 – Km 84+000

IRI Promedio: 3.88 m/km

UBICACIÓN GPS – IRI CADA 1000 METROS

A continuación se presenta una escala de rugosidad con su respectivo color para poder clasificar la condición del pavimento tomando como referencia el Documento Técnico del MOP.

Valor de Índice de Rugosidad Internacional		Color
Desde	Hasta	
0.00	*1.50*	
1.50	*2.50*	
2.50	*3.50*	
Mayor a 3.50		

SENTIDO: MITAD DEL MUNDO – LA INDEPENDENICA

SENTIDO: LA INDEPENDENICA – MITAD DEL MUNDO

CAPÍTULO V:

ANÁLISIS Y RESULTADOS

RELACIONES DE IRI DE ACUERDO A LA LONGITUD ANALIZADA

Lo que se dará a conocer es la influencia que tiene la longitud del segmento analizado en el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional la misma que es definida por la siguiente expresión algebraica.

$$IRI = \frac{1}{L}\int_0^L \left| z_2' - z_1' \right| .dx$$

COEFICIENTE DE VARIABILIDAD

Sentido de Análisis:

Mitad del Mundo – La Independencia

IRI cada	100 metros	200 metros	500 metros	1000 metros
Desviación Estándar	0.67	0.58	0.47	0.38
Promedio	1.65	1.65	1.66	1.65
Coeficiente de Variabilidad	0.40	0.35	0.28	0.23

Sentido de Análisis:

La Independencia – Mitad del Mundo

IRI cada	100 metros	200 metros	500 metros	1000 metros
Desviación Estándar	0.66	0.56	0.46	0.40
Promedio	1.66	1.66	1.66	1.66
Coeficiente de Variabilidad	0.40	0.34	0.28	0.24

	de 100 a 200	de 100 a 500	de 100 a 1000
Porcentaje de Variabilidad	16.97%	42.78%	65.47%

RUTA E28 DE ACUERDO AL DOCUMENTO TÉCNICO DEL MOP

El Documento Técnico del MOP norma que para un TPDA “Tráfico Promedio Diario Anual” mayor a 5000, se debe cumplir un Índice de Rugosidad Internacional entre 2.0 m/km a 3.0 m/km.

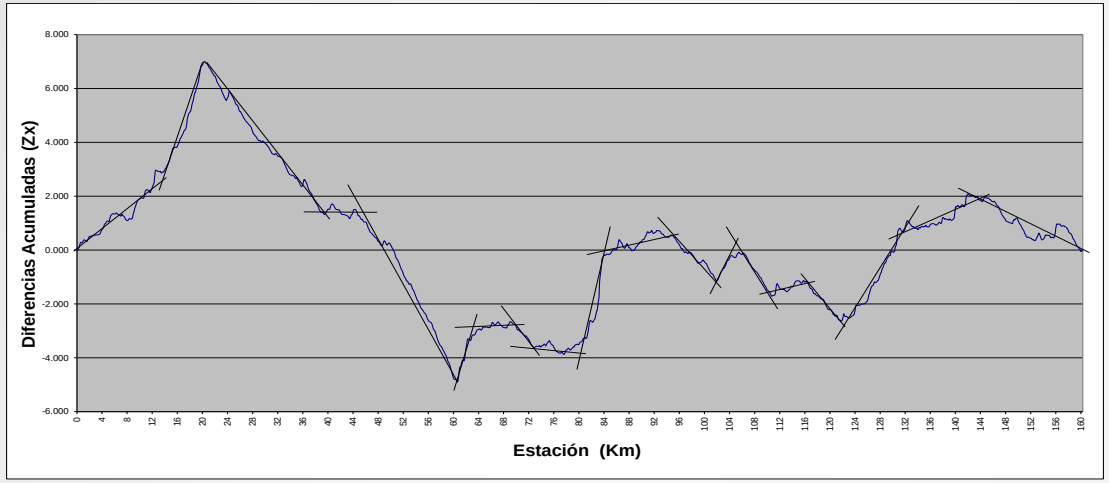
- Mitad del Mundo – La Independencia: 1.65 m/km
- La Independencia – Mitad del Mundo: 1.66 m/km

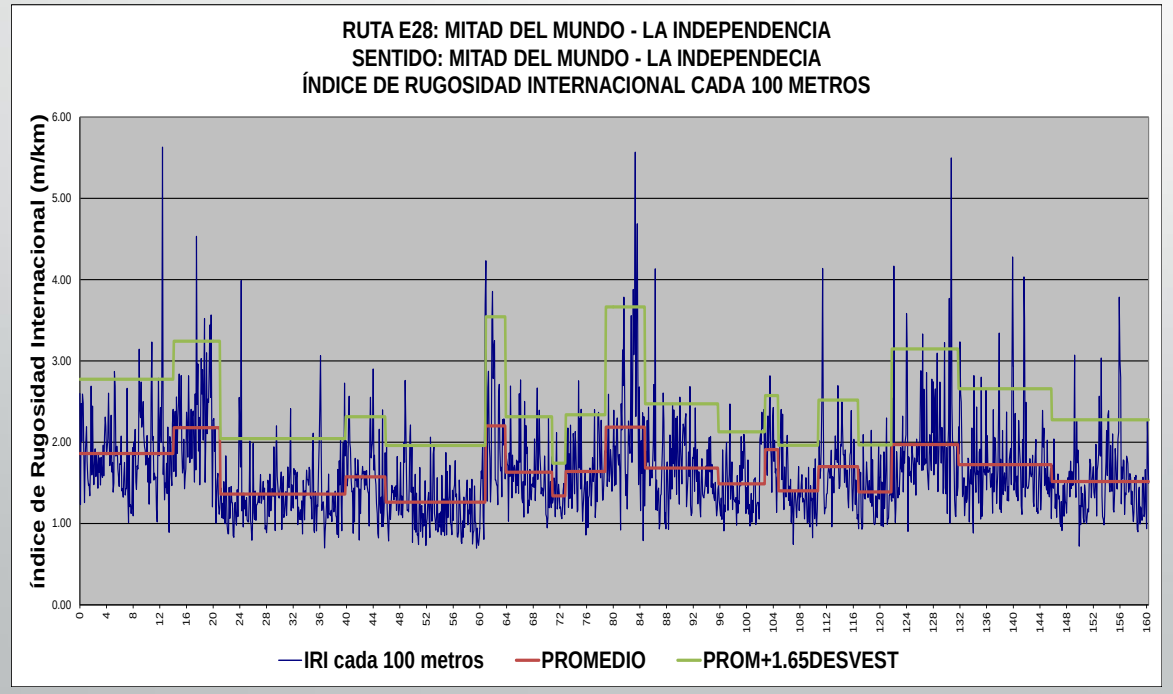
REHABILITACIÓN DE LA RUTA E28

Para determinar el plan de rehabilitación que mejor se acople a las condiciones actuales de la Ruta E28, se utilizará el “Apéndice J” de la AASHTO para determinar secciones homogéneas.

> “Un método analítico para delinear estadísticamente unidades homogéneas de medidas de un pavimento a lo largo de un sistema de carretera es la aproximación de diferencias acumuladas. Esta aproximación puede ser utilizada para una gran diversidad de variables de respuesta medidas en un pavimento, tal como la deflexión, índices, etc.”

SENTIDO: MITAD DEL MUNDO – LA INDEPENDENICA

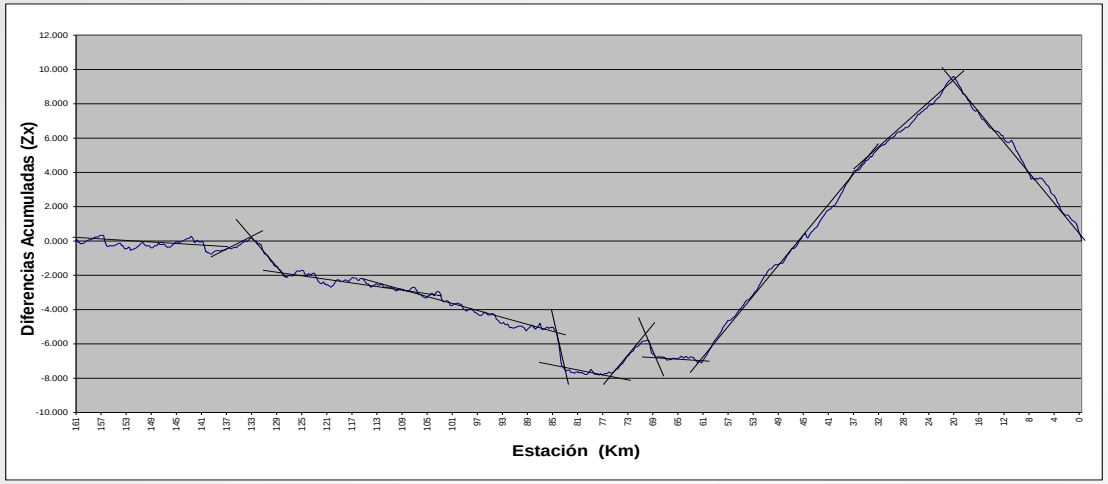


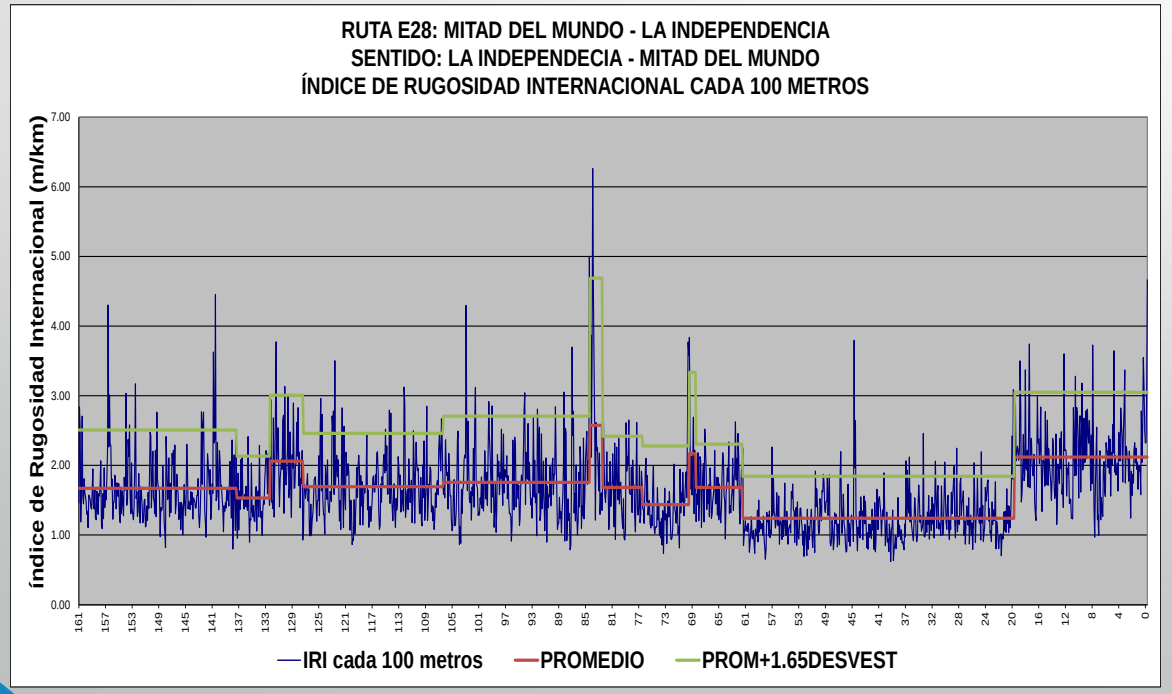


Estación Inicial (Km)	Estación Final (Km)	Promedio	Desviación Estándar	Promedio + 1.65*Desviación Estándar
0+000	14+000	1.86	0.55	2.77
14+000	21+000	2.18	0.64	3.24
21+000	40+000	1.36	0.41	2.04
40+000	46+000	1.57	0.45	2.31
46+000	61+000	1.26	0.42	1.96
61+000	64+000	2.20	0.81	3.54
64+000	71+000	1.63	0.41	2.31
71+000	73+000	1.34	0.24	1.74
73+000	79+000	1.64	0.42	2.34
79+000	85+000	2.18	0.90	3.67
85+000	96+000	1.68	0.48	2.47
96+000	103+000	1.49	0.39	2.13
103+000	105+000	1.91	0.40	2.57
105+000	111+000	1.40	0.34	1.96
111+000	117+000	1.70	0.50	2.52
117+000	122+000	1.39	0.35	1.97
122+000	132+000	1.97	0.71	3.15
132+000	146+000	1.72	0.57	2.66
146+000	160+600	1.52	0.46	2.28

SENTIDO: MITAD DEL MUNDO – LA INDEPENDENICA

SENTIDO: LA INDEPENDENICA - MITAD DEL MUNDO





Estación Inicial (Km)	Estación Final (Km)	Promedio	Desviación Estándar	Promedio + 1.65*Desviación Estándar
160+630	137+026	1.67	0.51	2.51
137+026	132+026	1.53	0.36	2.13
132+026	127+026	2.06	0.58	3.01
127+026	106+026	1.69	0.46	2.46
106+026	84+026	1.76	0.58	2.71
84+026	82+026	2.58	1.28	4.69
82+026	76+026	1.68	0.45	2.42
76+026	69+026	1.44	0.51	2.28
69+026	68+026	2.17	0.71	3.34
68+026	61+026	1.68	0.38	2.31
61+026	20+026	1.24	0.36	1.84
20+026	0+026	2.12	0.56	3.05

SENTIDO: LA INDEPENDENICA – MITAD DEL MUNDO

UBICACIÓN DE SECTORES CRÍTICOS

Sentido de Análisis:

Mitad del Mundo – La Independencia

Estación Inicial (Km)	Estación Final (Km)	Promedio	Desviación Estándar	Promedio + 1.65*Desviación Estándar
14+000	21+000	2.18	0.64	3.24
61+000	64+000	2.20	0.81	3.54
79+000	85+000	2.18	0.90	3.67
122+000	132+000	1.97	0.71	3.15

Sentido de Análisis:

La Independencia – Mitad del Mundo

Estación Inicial (Km)	Estación Final (Km)	Promedio	Desviación Estándar	Promedio + 1.65*Desviación Estándar
132+026	127+026	2.06	0.58	3.01
84+026	82+026	2.58	1.28	4.69
69+026	68+026	2.17	0.71	3.34
20+026	0+026	2.12	0.56	3.05

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE ESTUDIOS DEL TRANSPORTE
UNIDAD DE COSTOS
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS REFERENCIALES 2013

MODELO

CODIGO:	406-8 (Incluye desalojo)	PAGINA:	31
RUBRO:	Fresado de pavimento asfáltico	UNIDAD:	m3
OBRA:	**MODELO**	REND.(U/H):	20
UBICACIÓN:	MODELO FECHA: ene-13	K (H/U):	0.050

A:- EQUIPOS	POTENCIA	Nº	COSTO HORARIO	COSTO
FRESADORA	0	1	91.43	4.571
VOLQUETA DE 12 M3	350	3	28.14	4.221
ESCOBA AUTOPROPULSADA	76	1	19.43	0.971
SUBTOTAL EQUIPOS	.....			**9.764**

B:- MANO DE OBRA	OTROS	SALARIO BASICO	F.S.R.	Nº	SALARIO	COSTO
Fresadora de pavimento asfáltico	0.25	1.000	3.020	1	3.270	0.164
Licencia TIPO E	0.25	1.500	4.160	3	6.490	0.974
Ayudante maquinaria	0.25	1.000	2.860	2	3.110	0.311
Barredora autoprpulsada	0.25	1.000	2.940	1	3.190	0.160
SUBTOTAL MANO DE OBRA			.....			**1.608**

C:- HERRAMIENTAS	
HERRAMIENTAS MANUALES	**0.000**

D:- MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
PUNTAS DE TUNGSTENO	UNIDAD	0.0420	7.450	0.313
BASES DE PUNTAS (PORTAPUNTAS)	UNIDAD	0.0120	17.550	0.211
SUBTOTAL DE MATERIALES	.....			**0.524**

E:- TRANSPORTE	UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO
SUBTOTAL DE TRANSPORTE		.....			**0.000**

COSTO DIRECTO				**11.895**
COSTO INDIRECTO	G. Generales	0.08	0.952
	Utilidades	0.08	0.952
	Imprevistos	0.03	0.357
	Impuestos	0.028679	0.406
PRECIO UNITARIO			**14.561**

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE ESTUDIOS DEL TRANSPORTE
UNIDAD DE COSTOS
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS REFERENCIALES 2013

MODELO

CODIGO:	405-5 b	PAGINA:	18
RUBRO:	Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta (**0,05 m**	UNIDAD:	m2
OBRA:	MODELO	REND.(U/H):	310
UBICACIÓN:	MODELO FECHA: ene-13	K (H/U):	0.003

A:- EQUIPOS	POTENCIA	Nº	COSTO HORARIO	COSTO
PLANTA ASFALTICA CEDARAPIS 120 TON.	0	1	137.14	0.442
PLANTA ELECTRICA 175 KVA	260	1	29.22	0.094
TERMINADORA DE ASFALTO BARBER-GREENE BG-210	107	1	88.91	0.287
RODILLO VIBRATORIO LISO CS-431	107	1	29.14	0.094
RODILLO NEUMATICO PS-100	77	1	35.72	0.115
CARGADORA FRONTAL CAT 926E	110	1	25.29	0.082
SUBTOTAL EQUIPOS	.....			**1.114**

B:- MANO DE OBRA	OTROS	SALARIO BASICO	F.S.R.	Nº	SALARIO	COSTO
Acabadora Pav. Asfáltico	0.25	1.000	2.940	1	3.190	0.010
Planta asfáltica	0.25	1.000	3.020	1	3.270	0.011
Cargadora frontal	0.25	1.000	3.020	1	3.270	0.011
Rodillo autopropulsado	0.25	1.000	2.940	2	3.190	0.021
Ayudante maquinaria	0.25	1.000	2.860	2	3.110	0.020
Maestro de obra	0.25	1.000	2.940	1	3.190	0.010
Peón	0.25	1.000	2.780	10	3.030	0.098
SUBTOTAL MANO DE OBRA			.....			**0.180**

C:- HERRAMIENTAS		
HERRAMIENTAS MANUALES	0.1	**0.018**

D:- MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
ASFALTO (ESMERALDAS)	LTS	7.2000	0.288	2.076
MATERIAL PARA CARPETA	M3	0.0700	8.000	0.560
DIESEL	LTS	1.5000	0.245	0.368
ADITIVO DE ADHERENCIA	LTS	0.0680	4.675	0.318
SUBTOTAL DE MATERIALES	.....			**3.322**

E:- TRANSPORTE	UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO
ASFALTO (ESMERALDAS)	LTS	670.200	0.00010	7.2	0.483
SUBTOTAL DE TRANSPORTE		.....			**0.483**

COSTO DIRECTO				**5.117**
COSTO INDIRECTO	G. Generales	0.08	0.409
	Utilidades	0.08	0.409
	Imprevistos	0.03	0.153
	Impuestos	0.028679	0.175
PRECIO UNITARIO			6.263
PRECIO UNITARIO OFERTADO			**6.26**

ANÁLISIS ECONÓMICO

Volumen de Trabajo a Rehabilitar

Longitud (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Volumen de Trabajo (m^3)
54000	10.00	0.05	**27000**

Fresado Carpeta Asfáltica Existente

Volumen de Trabajo (m^3)	APU Fresado por (m^3)	TOTAL
27000	14.56	**$ 393,120.00**

Reposición de Carpeta Asfáltica

Área de Trabajo (m^2)	APU Tendido CA (m^2)	TOTAL
540000	6.26	**$ 3,380,400.00**

Inversión Total: $ 3,773,520.00

CAPÍTULO VI:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Una vez realizadas las pruebas de Precisión / Repetibilidad en el tramo seleccionado de la Ruta E28 “Mitad del Mundo – La Independencia”, por las condiciones encontradas in situ y la interacción humano - máquina, se determina que, el láser de la huella derecha corresponde a un clase II y el láser de la huella izquierda corresponde a un clase I, de acuerdo a la Norma Americana ASTM E950.

- Este estudio no presenta una clasificación de Sesgo, debido a que la nivelación realizada no es comparable con los datos que el perfilómetro inercial reporta, ya que, cuando se obtiene un perfil longitudinal mediante equipos estacionarios no se puede aplicar los filtros necesarios para poder corregir el perfil obtenido en campo y compararlo con los datos del perfilómetro inercial.

CONCLUSIONES

- El equipo “Perfilómetro Inercial Mark III - Dynatest”, corresponde a un perfilómetro clase I, de acuerdo a la Norma Americana ASTM E 950-09, ya que cumple con los parámetros pre-establecidos de muestreo longitudinal y resolución de medida vertical.
- El Índice de Rugosidad Internacional se calculó para los dos sentidos de la Ruta E28, teniendo un valor de 1.65 m/km para el sentido Mitad del Mundo–La Independencia y, 1.66 m/km para el sentido La Independencia–Mitad del Mundo.
- Se debe tener claro que mientras mayor sea la distancia en la que se realice el análisis de la rugosidad, la caracterización de los datos se reducirá, pero el promedio será el mismo ya sea analizando cada 100 metros o cada 1 kilómetro.

CONCLUSIONES

- De acuerdo a la Escala Estándar empleada por el Banco Mundial, donde se clasifica a las vías de acuerdo a la rugosidad, la Ruta E28, con un valor promedio de 1.66 m/km para los dos sentidos, se encuentra en la clasificación más alta correspondiente a Aeropuertos - Autopista o como un Pavimento Nuevo.
- Comparando el Índice de Rugosidad Internacional obtenido con el Documento Técnico del MOP, se concluye que la Ruta E28, cumple satisfactoriamente la normativa de 2 m/km a 3 m/km impuesta para un TPDA mayor a 5000 vehículos.
- El costo de la rehabilitación alcanza un total de $ 3,773,520.00 para los 54 kilómetros en los cuales el IRI es mayor al permitido por el DT MOP.

RECOMENDACIONES

- Para que la prueba de Precisión y Repetibilidad pueda alcanzar los niveles deseados, que es ser considerado un Perfilómetro Clase I, el tramo de prueba a seleccionar deberá cumplir con ser un pavimento nuevo, sin curvas horizontales y de longitud mayor a 800 metros, donde se pueda alcanzar la velocidad establecida por la norma; adicionalmente se deberá verificar que el pavimento no presente ondulaciones propias por el tránsito diario de los vehículos, ya que las lecturas del perfil se las realizará en las huellas del camino.

RECOMENDACIONES

- Para realizar una comprobación en perfilómetros inerciales por Sesgo, donde es imprescindible utilizar un perfil longitudinal y que este estudio no lo realizó, debido a la disponibilidad en el área, se recomienda utilizar el equipo Dipstick ® Profiler el cual genera perfiles longitudinales comparables con los que reporta el perfilómetro.
- En el estudio se realizaron varios análisis sobre el efecto del IRI en base a la longitud analizada debido a que si es posible obtener rugosidades menores a 1.50 m/km y es ahí a donde se debería llegar, a siempre tender a bajar los parámetros establecidos por los Ministerios de Transporte y no solo esperar que el IRI promedio cumpla los límites establecidos en los términos de licitación de la obra.

RECOMENDACIONES

- Este estudio luego de analizar minuciosamente los cálculos realizados, determina que cuando se realicen los chequeos necesarios para entrega – recepción de obras pavimentadas, se establezca que el intervalo en el cual será evaluada la rugosidad sea de 100 metros, ya que de esa forma se obtendrá una mayor caracterización de los niveles presentados por el contratista y se podrá dar los correctivos necesarios ese momento, debido a que si seguimos basándonos a que la rugosidad promedio de la carretera es la que debe cumplir con el límite autorizado, no se está permitiendo un avance en las técnicas constructivas que se llevan en la actualidad.

GRACIAS

OCTUBRE 2013
INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
MARIO ALEJANDRO MANOSALVAS PAREDES