

**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTE,
Y DE VIVIENDA Y DESARROLLO URBANO**

**VICEMINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO VIAL**

**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE
REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)**

Elaborado por: José Antonio Ventura Espinal*, Ing. Civil
Unidad Técnica.
Depto. Investigación y Desarrollo

Edwin Ricardo Alvarenga, Ing. Civil
Gerente, Depto. Investigación y Desarrollo

Coordinador: Daniel Antonio Hernández Flores, Ing. Civil
Director
Unidad de Investigación y Desarrollo Vial.

REPUBLICA DE EL SALVADOR, MAYO DE 2005.

* Laboró en la Unidad de Investigación y Desarrollo Vial hasta el mes de Abril de 2008.

OBSERVACION

El contenido de este documento refleja opiniones de los autores, quienes son responsables de los hechos y de la exactitud de los datos presentados. El contenido no refleja necesariamente las opiniones y políticas oficiales del Ministerio de Obras Públicas de El Salvador. Este documento no constituye una norma, especificación ni regulación.

INDICE

1.0 INTRODUCCIÓN	4
2.0 ANTECEDENTES	5
3.0 MARCO TEÓRICO	7
3.1 Definición del Índice de Regularidad Internacional (IRI)	7
3.2 Tipos de equipos existentes para la medición de la regularidad superficial de los pavimentos	8
3.3 Clasificación de los equipos utilizados para la medición de la regularidad superficial de los pavimentos	15
4.0 DETERMINACIÓN DEL IRI	18
4.1 Determinación del IRI en El Salvador.....	18
4.2 Valores de IRI propuestos por el Banco Mundial y Especificaciones Internacionales; así como valores de IRI establecidos por Agencias Públicas (incluida MOP).....	19
5.0 REFERENCIAS	22

ANEXOS

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI).**RESUMEN**

Este documento trata sobre la medición de la Regularidad Superficial de las carreteras, a la vez, incluye los diferentes equipos, normas y procedimientos para su determinación, en términos del Índice de Regularidad Internacional (IRI). También se presenta los rangos de IRI que se recomiendan internacionalmente.

1.0 INTRODUCCIÓN.

Las características funcionales de una vía son de gran importancia, ya que determinan las condiciones de seguridad y comodidad de los usuarios, como también repercuten en el aspecto económico, relacionados con los costos de operación de los vehículos y mantenimiento de las carreteras. Diferentes investigaciones realizadas al respecto, revelan que los costos de operación de los vehículos dependen de la magnitud de las irregularidades superficiales del pavimento, afectando las velocidades de circulación, el desgaste de las llantas y el consumo de combustible. Es importante mencionar que dichas irregularidades, no solo provocan efectos dinámicos nocivos en los vehículos; sino también en el pavimento, modificando el estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura de la vía, lo que produce también incrementos en las actividades de conservación y rehabilitación.

Por lo anterior, es de suma importancia conocer el estado de la regularidad superficial del pavimento a través del tiempo, desde el inicio de su operación y en cualquier momento en que sea necesario, para definir las correspondientes acciones preventivas y/o correctivas. Uno de los parámetros utilizados para la evaluación de la regularidad de los pavimentos, es el Índice de Regularidad Internacional (IRI), el cual refleja el nivel de comodidad y seguridad al transitar.

Para la medición del Índice de Regularidad Internacional (IRI), existen diferentes tipos de equipo, los cuales han venido evolucionando en el tiempo, variando unos de otros en la precisión y rapidez para la obtención de los resultados. Así mismo, a partir del estudio realizado por el Banco Mundial en 1982 (IRRE), se propuso una escala de requerimientos de IRI para diferentes tipos de vías.

2.0 ANTECEDENTES.

El nivel de regularidad de un pavimento, refleja de forma adecuada el grado de comodidad del usuario al manejar en la vía. La especificación ASTM E 867 “Terminology Relating to Traveled Surface Characteristics”, define regularidad (**roughness**) como la desviación de una determinada superficie de pavimento respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo y la calidad al manejar.

Considerando que la regularidad superficial de un pavimento es un factor importante para la comodidad, seguridad y economía del usuario, la American Association of State Highway Officials (AASHO), en el desarrollo del proyecto AASHO Road Test en 1962, introdujo el concepto de Serviciabilidad, definido como la capacidad de un pavimento para proporcionar un recorrido seguro y confortable a los usuarios.

En el ensayo de AASHO, la serviciabilidad se cuantificó inicialmente a través del “Present Serviciability Rating” (PSR), el cual es obtenido mediante la evaluación de un grupo de conductores que manejaban en el pavimento y clasificaban su condición en una escala de 0 a 5, de Muy Mala a Muy Buena, respectivamente. Dicha clasificación se presenta a continuación:

PSR	Condición
0 – 1	Muy Mala
1 – 2	Mala
2 – 3	Regular
3 – 4	Buena
4 – 5	Muy Buena

Tabla 1. Clasificación de la condición superficial del pavimento.

Fuente: Adaptado de “The Little Book of Profiling”.

En vista que dicha metodología contenía aspectos subjetivos, dentro del proyecto de AASHO Road Test, se realizaron correlaciones entre el PSR y mediciones objetivas de la condición del pavimento, en las cuales se consideraban características de regularidad, agrietamiento, baches y ahuellamiento, lo que contribuyó a determinar el Present Serviceability Index (PSI). La determinación de la regularidad, se realizó mediante el cálculo de la varianza de la pendiente longitudinal (SV), la cual corresponde a la varianza de las medidas de desnivel del perfil longitudinal, medido con un equipo denominado perfilómetro.

En la década de los 70's, el Banco Mundial (World Bank) 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.

La existencia de dicha situación, motivó al Banco Mundial a desarrollar el proyecto Internacional Road Roughness Experiment (IRRE), en Brasil el año de 1982, en la cual participaron equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica, donde se realizó la medición controlada de la regularidad superficial de pavimentos para un número de vías bajo diferentes condiciones y por una variedad de instrumentos y métodos. A partir de dicho proyecto se seleccionó un parámetro de medición de la regularidad superficial, el cual satisface completamente los criterios de ser estable en el tiempo, transferible y relevante, denominado: **“Índice de Regularidad Internacional” (IRI, International Roughness Index)**. Dicho parámetro constituye en la actualidad uno de los controles de recepción más importantes, relacionados con el nivel de regularidad de los pavimentos, que se refleja en el nivel de comodidad, seguridad y costos de operación para los usuarios; así como disminución de los efectos dinámicos en el pavimento.

3.0 MARCO TEÓRICO.

3.1 Definición del Índice de Regularidad Internacional (IRI).

La definición del IRI (Índice de Regularidad Internacional) 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 (modelo de cuarto de carro, ver figura 1) al circular por una determinada longitud de perfil de la carretera, a una velocidad estándar de 80 km/h.

Este modelo se desarrolló a través de un conjunto de masas ligadas entre si, las cuales generan un movimiento vertical al ser desplazadas por el camino, de esta forma se permite reducir el análisis de una superficie al análisis de una línea que representa el perfil longitudinal, es decir, desde un análisis bidimensional a un estudio unidimensional.

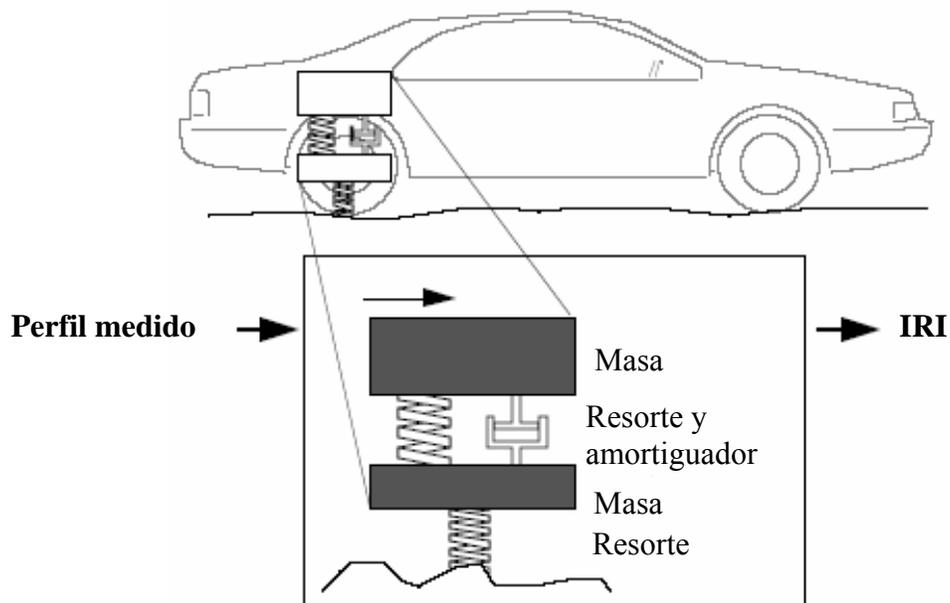


Figura 1. Modelo de cuarto de carro
Fuente: Adaptado de "The Little Book of Profiling".

Dicho valor es medido en unidades de m/km, mm/m y in/mi, no existiendo límite superior en su valor; sin embargo, es importante indicar que en una carretera con valores de IRI mayores a 8 m/km es difícil de transitar, excepto a velocidades menores¹.

Algunas de las propiedades del análisis del IRI son:

- El IRI es un indicador independiente del equipo de medida. Lo que depende del equipo de medida son los datos de entrada o cotas de perfil.
- La escala del IRI es linealmente proporcional con la regularidad.

La regularidad se mide longitudinalmente por carril mediante un sistema perfilométrico de precisión, midiendo las cotas del perfil al milímetro y con una frecuencia igual o superior a cuatro puntos por metro, es decir, cada 250mm como máximo.

3.2 Tipos de equipo existentes para la medición de la regularidad superficial de los pavimentos.

Existen diferentes equipos para determinar la regularidad superficial de los pavimentos, los cuales han venido evolucionando en el tiempo, variando unos de otros en la precisión y rapidez para la obtención de los resultados. En la siguiente tabla se presentan algunos de los equipos desarrollados para determinar la regularidad superficial de los pavimentos:

¹ The Little Book of Profiling, Michael Sayers y Steven Karamihas, September 1998.

EQUIPO	GRADO DE PRECISIÓN	IMPLEMENTACIÓN	COMPLEJIDAD DEL EQUIPO	OBSERVACIONES
Perfilógrafos (Profilographs)	Media	Control de calidad y recepción de obras	Simple	Estos equipos no son prácticos para evaluar la condición de redes viales.
Tipo Respuesta para medir la regularidad de las carreteras (Response-Type Road Roughness Measuring Systems, RTRRMS)	Media	Monitoreos de red vial	Compleja	Los resultados obtenidos entre estos equipos no son comparables, ya que dependen de la dinámica particular del movimiento del vehículo y no son estables en el tiempo.
Nivel y Estadia (Rod and Level)	Muy alta	Mediciones de perfil del pavimento y calibraciones	Simple	El uso de estos equipos para proyectos largos es impráctico y los costos son muy elevados.
Dipstick	Muy alta	Mediciones de perfil del pavimento y calibraciones	Muy Simple	Se utiliza para mediciones del perfil de pavimentos en longitudes relativamente pequeñas.
Perfilómetro Inercial (Inertial Profilometer)	Muy Alta	Monitoreos y recepción de proyectos viales	Muy Compleja	Equipos con alta precisión, que permiten la comparación de resultados y son estables en el tiempo. Además pueden ser utilizados para calibración de los equipos Tipo Respuesta.

Tabla 2. Equipos para medir la regularidad superficial de los pavimentos.

Fuente: Adaptado de Washington Department of Transport.

A continuación se hace una breve descripción de los equipos mencionados anteriormente:

a) Perfilógrafos (Profilographs).

Los perfilógrafos han estado disponibles durante muchos años y han existido en una variedad de formas, configuraciones, y marcas. Debido a su diseño éstos no son prácticos. En la actualidad es utilizado el Perfilógrafo de California, el cual su uso más común es para la inspección de construcciones de pavimentos rígidos, control de calidad, y aceptación de proyectos. Existen diferencias entre perfilógrafos, los cuales están relacionados con la configuración de las ruedas, el funcionamiento y procedimientos de medida de los dispositivos.

Los perfilógrafos tienen una rueda sensible, montada al centro del marco para mantener el movimiento vertical libre (ver figura 2 y 3). La desviación de un plano de la referencia, establecido por el marco del perfilógrafo, se registra (automáticamente en algunos modelos) en papel según el movimiento de la rueda sensible. Los perfilógrafos pueden calcular desviaciones muy ligeras de la superficie y ondulaciones en aproximadamente 6.0 (20 pies) en longitud.



Figura 2. Perfilógrafo de California

Fuente: www.umtri.umich.edu

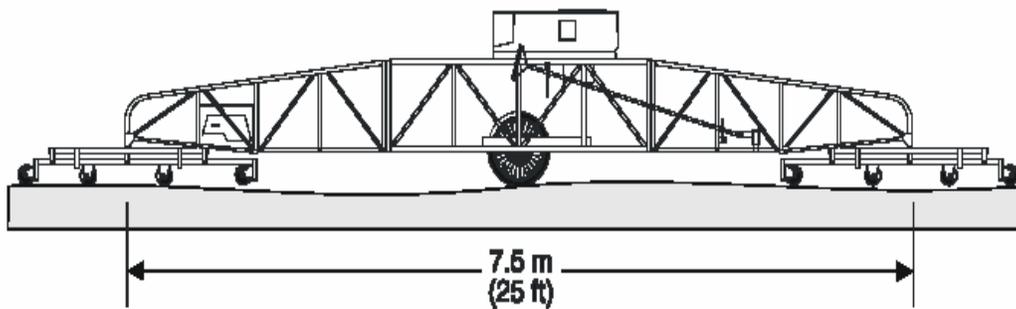


Figura 3. Vista lateral del Perfilógrafo de California

Fuente: Final report approach to measuring the ride quality of highway bridges, Pág. 3

b) Equipos Tipo Respuesta (RTRRM).

La recolección de datos de regularidad, también es realizada a través de equipos Tipo Respuesta (Response Type Road Roughness Meters, RTRRM), comúnmente llamados "Medidores de camino". Los sistemas RTRRM son adecuados para el monitoreo rutinario de una red pavimentada y para proporcionar una visión global de la condición y el mantenimiento necesario.

Los equipos RTRRM miden los movimientos verticales del eje trasero de un automóvil o el eje de un remolque relativo al marco del vehículo. Los medidores se instalan en los vehículos con un transductor de desplazamiento localizado entre la mitad del eje y el cuerpo del automóvil o remolque (ver figura 4). El transductor detecta pequeños incrementos del movimiento relativos entre el eje y el cuerpo del vehículo.

La desventaja de un RTRRM es que el movimiento del eje del vehículo vs. tiempo depende de la dinámica de un vehículo particular, lo que produce dos efectos no deseados (UMTRI, 1998):

- Medida de regularidad no estables con el tiempo. Las medidas realizadas recientemente con un RTRRM, no pueden ser comparadas con aquellas mediciones realizadas en años anteriores.
- Las medidas de regularidad no son transportables. Las mediciones realizadas por un RTRRM que utiliza un determinado sistema son raramente reproducibles por otro.



Figura 4. Equipo Tipo Respuesta (Bump Integrator, BI)
Fuente: ROMDAS, Manual Roughness Counter User's Guide, versión 1.0.

c) Nivel y Estadia (Rod and Level).

Es conocido como Perfilómetro manual, considerado de bajo rendimiento, debido a que el proceso de recolección de datos es relativamente lento en comparación con otros equipos (ver figura 5). Se considera que para la evaluación de la regularidad de la superficie de rodadura de proyectos de gran magnitud es impráctico y de alto costo. Sin embargo, este tipo de equipo tiene una gran precisión y puede obtener una medida exacta del perfil del pavimento.



Figura 5. Nivel y estadia.

Fuente: “The International Road Roughness Experiment”, World Bank Technical Paper N° 45.

d) Dipstick.

Los equipos Dipstick pueden usarse para obtener una cantidad relativamente pequeña de medidas del perfil de pavimento. El Dipstick (ver figura 6) consiste en un inclinómetro apoyado en dos apoyos separados por 305 mm (12 plg), los cuales registran la elevación de un apoyo relativo a la elevación del otro. El operador conduce el Dipstick sobre una sección de pavimento premarcada, rotando el instrumento alternadamente sobre cada apoyo (ver figura 7). Se registran las lecturas secuencialmente mientras el operador recorre la sección. El dispositivo registra 10 a 15 lecturas por minuto. El software de análisis es capaz de proporcionar un perfil exacto a ± 0.127 mm (± 0.005 plg). El Dipstick comúnmente es usado para medir un perfil para la calibración de instrumentos más complejos, tal como el RTRRM, así mismo para la verificación de resultados obtenidos con los Perfilómetros Inerciales.



Figura 6. Equipo Dipstick

Fuente: Presentación: "Pavement Performance: Pavements are designed to *fail*".

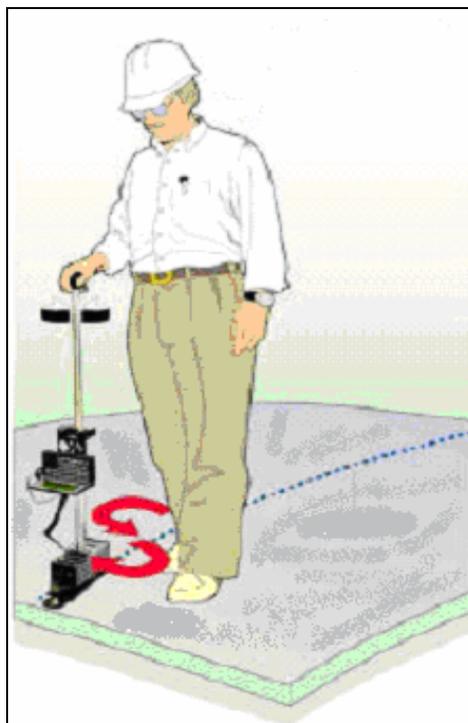


Figura 7. Operación de equipo Dipstick

Fuente: www.umtri.umich.edu

e) Perfilómetro Inercial (Inertial Profilometer)

Los equipos de referencia inercial son equipos que producen medidas automáticas y de alta calidad del perfil del camino. Estos equipos producen medidas continuas del perfil longitudinal a altas velocidades a través de la creación de una referencia inercial, integrada por acelerómetros colocados en el vehículo utilizados para obtener el movimiento vertical del mismo y sensores de “no contacto” (p.ej.: Láser) utilizados para medir el desplazamiento relativo entre el vehículo y la superficie del pavimento (ver figura 8).

Generalmente son llamados Perfilómetros de alto rendimiento, ya que, son muy precisos, generan el perfil longitudinal del camino en tiempo real y sobre todo tienen la ventaja de realizar las mediciones a altas velocidades, facilitando la obtención de datos en una determinada vía. Es importante mencionar que el Ministerio de Obras Públicas cuenta con un equipo de éste tipo (ver figura 9), marca **Dynatest**, modelo **5051 Mark III RSP (Road Surface Profiler)**.

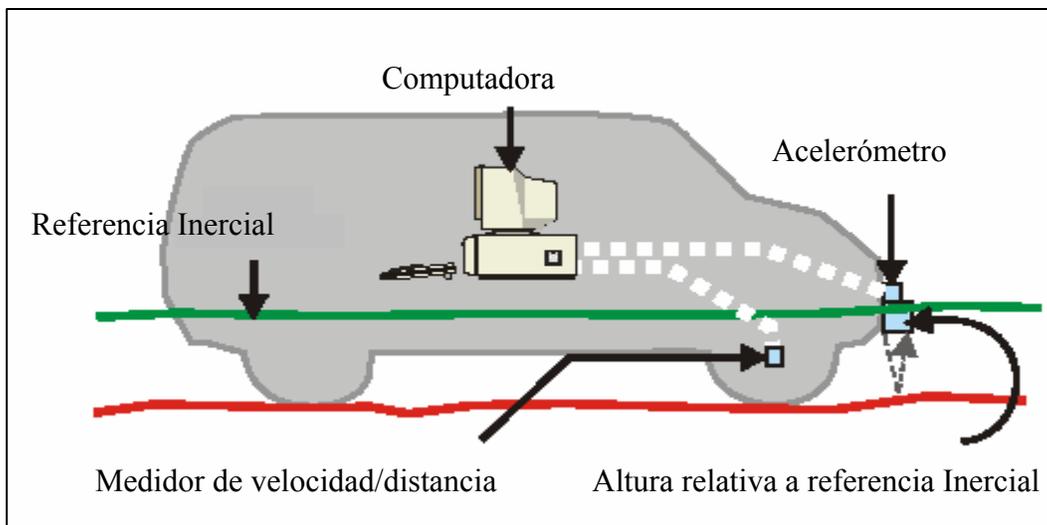


Figura 8. Componentes de equipo con Referencia Inercial

Fuente: Adaptado de “A New Approach to Measuring the Ride Quality of Highway Bridges”.



Figura 9. Perfilómetro Inercial

Fuente: Perfilómetro Láser propiedad de la UIDV-MOP.

3.3 Clasificación de los equipos utilizados para la medición de la regularidad superficial de los pavimentos.

Los equipos que se utilizan para medir la regularidad de las carreteras son clasificados de acuerdo a dos parámetros: el intervalo de almacenamiento de datos y la resolución de medición vertical; el World Bank en su Papel Técnico N°46: “Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements” y la norma ASTM E-950-98, presenta la clasificación para los diferentes métodos perfilométricos de la siguiente manera:

Clasificación de equipo	Clasificación según Banco Mundial (World Bank), Papel Técnico N°46	Clasificación según ASTM E-950-98	
	Requerimientos	Requerimientos	
		Intervalos longitudinales de almacenamiento de datos	Resolución de mediciones verticales
Clase 1*	Perfilómetros de precisión. Requiere que el perfil longitudinal de un camino sea medido como una serie de puntos de elevación equidistantes a través de la huella o rodera de la vía para calcular el IRI. Esta distancia no debería superar los 0.25m y la precisión en la medición de la elevación debería ser de 0.5mm para pavimentos que posean valores de IRI entre 1 y 3 m/km y de 3mm 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	Otros métodos perfilométricos. Requieren una frecuencia de puntos de perfil, no superior a 0.5m 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

* El equipo propiedad del Ministerio de Obras Públicas, esta clasificado como **Clase I**, según ASTM E 950-98.

Tabla 3. Clasificación de la condición superficial del pavimento.

Fuente: Adaptado de Work Bank Technical Paper Number 46 y Norma ASTM E-950-98.

(... Continuación)

Clasificación de equipo	Clasificación según Banco Mundial (World Bank), Papel Técnico N°46	Clasificación según ASTM E-950-98	
	Requerimientos	Requerimientos	
		Intervalos longitudinales de almacenamiento de datos	Resolución de mediciones verticales
Clase 3	IRI estimado mediante ecuaciones de correlación. 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	Estimaciones subjetivas y mediciones no calibradas. 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

Tabla 3. Clasificación de la condición superficial del pavimento

Fuente: Adaptado de Work Bank Technical Paper Number 46 y Norma ASTM E-950-98.

4.0 DETERMINACIÓN DEL IRI.

En vista de la importancia que reviste la determinación del IRI como control receptivo en los proyectos de infraestructura vial, es necesario establecer un intervalo de longitud para la determinación del IRI, ya que intervalos de longitudes mayores ocultan niveles altos de regularidad superficial en los pavimentos, obteniendo de una manera inadecuada valores de IRI satisfactorios. Por otra parte la utilización de intervalos de longitudes menores para la determinación del IRI puede detectar niveles altos de regularidad, contribuyendo a obtener pavimentos con mejores niveles de seguridad y confort.

4.1 Determinación del IRI en El Salvador.

En el país, la medición de la regularidad de los pavimentos, para efectos de control de calidad y recepción de los proyectos de infraestructura vial, actualmente es realizada a través del Índice de Regularidad Internacional (IRI), el cual se determina con base en lo indicado en la especificación AASHTO PP37-02, “**Standard Practice for Quantifying Roughness of Pavements**”. Dicha especificación indica que el valor de IRI se determina longitudinalmente por carril, en sentido del tránsito y calculado cada 100 m (0.1 km.), para ambas roderas (interna y externa), el promedio de los dos valores de IRI (rodera interna y externa), es registrado como la regularidad de la sección del pavimento y se reporta en unidades de IRI, m/km, aproximando a un decimal (0.1 m/km).

De igual manera para la medición de la regularidad es considerado lo establecido en el Apéndice E del Highway Performance Monitoring System Field Manual (“Measuring Pavement Roughness”) del Office of Highway Policy Information de la FHWA, el cual menciona que los valores de IRI deben ser obtenidos cuando existan buenas condiciones climáticas, preferiblemente cuando la superficie de la carretera se encuentre seca. Así mismo la medición deberá determinarse en sectores homogéneos, que corresponden a un pavimento de estructuración uniforme y que no es dividido por puentes, líneas férreas, cruces de calle y otros, que puedan alterar el perfil longitudinal del camino e incrementar el valor de IRI. Deberá además seguirse los procedimientos recomendados por el fabricante del equipo.

Es importante mencionar que en la parte anterior ha sido descrito la metodología y recomendaciones a considerar para la determinación del IRI. Sin embargo, tal como fue descrito en la Sección 3 de este documento, existen diferentes equipos para la medición del IRI, los cuales varían en precisión, por lo cual en la medición deberá tomarse en consideración la especificación correspondiente al equipo utilizado y recomendaciones del fabricante; así como especificaciones relacionadas con la determinación de la regularidad de los pavimentos. A continuación se detallan algunas de las especificaciones relacionadas con la determinación de la regularidad de los pavimentos:

- a) ASTM E 1170, “Standard Practices for Simulating Vehicular Response to Longitudinal Profiles of Traveled Surfaces”.
- b) ASTM E 950, “Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference”.
- c) ASTM E 1364, “Standard Test Method for Measuring Road Roughness by Static Level Method”.
- d) ASTM E 1926, “Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements”.
- e) Standard Test Method for Measurement of Vehicular Response to Traveled Surface Roughness. “ASTM E 1082-90 (2002).

4.2 Valores de IRI propuestos por el Banco Mundial y Especificaciones Internacionales; así como valores de IRI establecidos por agencias públicas (incluida MOP).

Con el objeto de conocer valores del Índice de Regularidad Internacional (IRI) establecidos en diferentes países, se presenta a continuación un resumen de los requisitos de IRI propuestos por el Banco Mundial y Especificaciones Internacionales; así como valores de IRI establecidos por diferentes Agencias Públicas.

a) Banco Mundial.

A partir del estudio realizado por el Banco Mundial en 1982 (IRRE), se propuso una escala de medición de la regularidad superficial para diferentes tipos de vías, la cual se presenta a continuación:

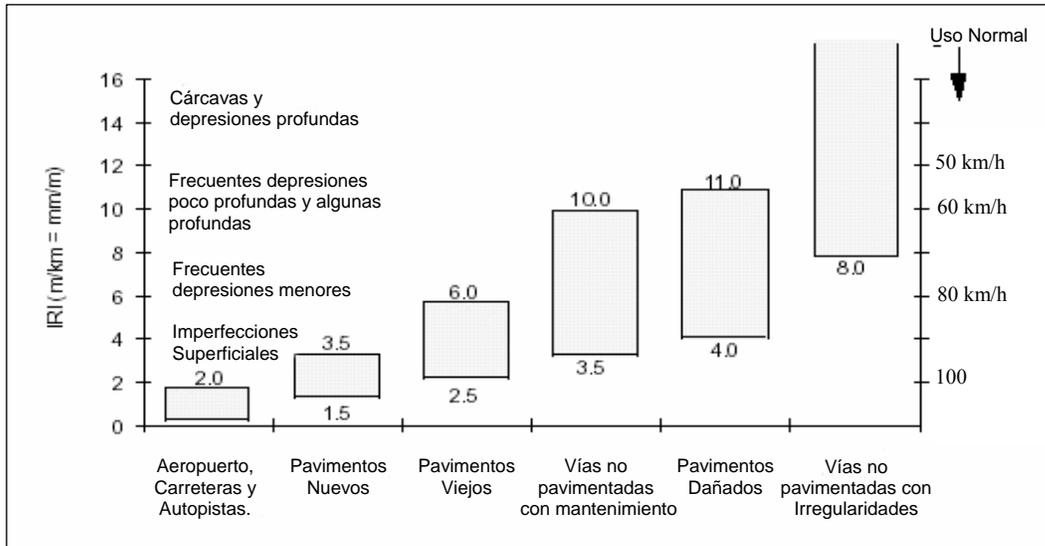


Figura 10. Escala de Regularidad para pavimentos (IRI).

Fuente: Adaptado de Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements. Sayers M W, Gillespies T. D, Paterson W D. World Bank Technical Paper Number N° 46, 1986.

b) Especificaciones Internacionales.

ESPECIFICACIÓN	REQUERIMIENTOS DE IRI SEGÚN TIPO DE PAVIMENTO O SUPERFICIE			
	Procedimiento General	Asfáltico	Hidráulico	Tratamientos Superficiales
SIECA -2004*	IRI obtenido en sub-lote de 0.1 km	No especifica		
ASTM E 1926-98	No especifica	Presenta dos escalas de valores de IRI con descripción verbal, una para pavimentos de concreto asfáltico o tratamiento superficial y una para vías no pavimentadas. Dichas escalas han sido tomadas de la especificación ASTM E 1926 “Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements” (Ver Anexo).		
AASHTO- PP 37-02	Regularidad: Promedio de los valores de IRI determinados en cada rodera en tramos de 100 m	No especifica		
FP-2003	La regularidad del pavimento se especifica en términos del Índice de Perfil (PI)			-----

*Fuente: Manual Centroamericano de Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales, 2da. Edición, Sección 401.16, Pag. 400-18.

c) **Agencias Públicas.**

INSTITUCION PÚBLICA	REQUERIMIENTOS DE IRI SEGÚN TIPO DE PAVIMENTO O SUPERFICIE			
	Procedimiento General	Asfáltico	Hidráulico	Tratamientos Superficiales
Ministerio de Obras Públicas de Chile¹	IRI obtenido en 5 tramos consecutivos de 200 m de secciones homogéneas	Promedio de 5 tramos ≤ 2.0 m/km Promedio Individual ≤ 2.8 m/km		Promedio de 5 tramos ≤ 3.0 m/km Promedio Individual ≤ 4.0 m/km
Ministerio de Fomento de España²	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI < 1.5 m/km, en el 50% de los tramos del proyecto IRI < 2 m/km, en el 80% de los tramos del proyecto IRI < 2.5 m/km, en el 100 % de los tramos del proyecto		
Estados Unidos (Wisconsin Department of Transportation. WisDOT)²	IRI obtenido en tramos de 1.609 km (1 milla).	IRI m/km	Tiempo	
		< 1.1 < 1.17 < 1.29 < 1.33 < 1.37 < 1.45	Pav. Nuevo 1 Año 2 Años 3 Años 4 Años 5 Años	-----
Canada (Québec)²	IRI obtenido en tramos de 100 m	- IRI ≤ 1.2 m/km en 70% de datos - IRI ≤ 1.4 m/km en 100 % de datos	-----	-----
Suecia²	IRI en tramos de 20 m	IRI ≤ 1.4 m/km		-----
	IRI en tramos de 200 m	IRI ≤ 2.4 m/km		-----
Ministerio de Obras Públicas de El Salvador	Caminos Rurales			
	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI no mayor a 3.0 m/km	-----	-----
	Vías Interurbanas			
IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI no mayor que 2.0 m/km	IRI no mayor que 2.5 m/km	-----	

¹ Fuente: Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas de Chile, Dirección de Vialidad, Volumen 5, Especificaciones Técnicas Generales, Sección 5.407 y 5.408.

² Fuente: Diferentes artículos de internet (Ver referencias).

5.0 REFERENCIAS.

- M. W. Sayers and S. M. Karamihas, *"The Little Book of Profiling"*, UMTRI, 1995, pagina 85.
- M. W. Sayers, T. D. Gillespie, and C. A. V. Queiroz, *"International Experiment to Establish Correlations and Standard Calibration Methods for Road Roughness Measurements."* World Bank Technical Paper No. 45, The World Bank, Washington DC, Enero 1986.
- M. W. Sayers, T. D. Gillespie, and W.D.O. Paterson, *"Guidelines for the Conduct and Calibration of Road Roughness Measurements."* World Bank Technical Paper No. 46, The World Bank, Washington DC, Enero 1986.
- Salazar, A., A. E., et al, *"Propuesta técnica para la medición e implementación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en los proyectos de infraestructura vial de El Salvador"*, Vice ministerio de Obras Públicas, Unidad de Investigación y Desarrollo Vial, Febrero 2004.
- Montes S., R. *"Determinación de la Rugosidad de los Pavimentos Mediante Perfilometría Longitudinal"*. LNV 107-2000
- ASSHTO, *"Standard Practice For Determining Roughness of Pavements"*. Designation: PP37-02
- McGhee, K. *"A New Approach to Measuring the Ride Quality of Highway Bridges"* Universidad de Virginia.
- *"Summary of Pavement Smoothness Specifications in Canada and Around the World Canadian Strategic Highway Research Program"* (C-SHRP). Technical Brief # 16
- Presentación de Power Point: *"Pavement Performance: Pavement are designed to fail"*.

Especificaciones y Estándares

- *"Standard Specifications for Constructions of Roads and Bridges on Federal Highway Projects"*. Section 401.16, 402.16 y 501.12 (FP-2003)
- *"Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements."* ASTM E1926-98. American Society for Testing and Materials.
- *"Standard Practices for Simulating Vehicular Response to Longitudinal Profiles of Traveled Surfaces."* ASTM E 1170-97 (2001). American Society for Testing and Materials.
- *"Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profiles of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling."* ASTM E 950-98. American Society for Testing and Materials.

- *“Standard Test Method for Measuring Road Roughness by Static Level Method.”* ASTM E 1364-95 (2000). American Society for Testing and Materials.
- *Standard Test Method for Measurement of Vehicular Response to Traveled Surface Roughness.* “ASTM E 1082-90 (2002). American Society for Testing and Materials.

Páginas de Internet.

www.umtri.umich.edu

http://www.vialidad.gov.cl/areasde_vialidad/laboratorio_nacional/boletines.htm

<http://www.fhwa.dot.gov/ohim/hpmsmanl/appe.htm>

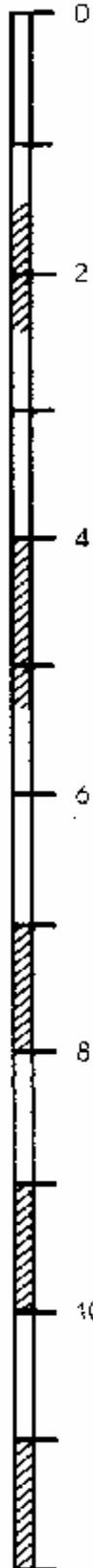
http://www.cshrp.org/english/tech_briefs.html

[Página Principal](#)

E-mail: uidv.contacto@mop.gob.sv

ANEXO

Regularidad
(m/km, IRI)



Manejo confortable arriba de 120 km/h. Ondulación levemente perceptible a 80 km/h en rango entre 1.3 a 1.8. Depresiones, baches o corrugaciones no son fácilmente visibles; depresiones < 2mm/3m. Típicamente en asfaltos de alta calidad entre 1.4 y 2.3. Tratamiento superficial de alta calidad entre 2.0 y 3.0

Manejo confortable entre 100-120 km/h. A 80 km/h, movimientos moderadamente perceptibles o largas ondulaciones pueden ser percibidos. Superficie defectuosa: depresiones ocasionales, parches o baches (por ejemplo 5-15mm/3m o 10-20mm/5m con frecuencia 2-1 en 50 m) o muchos baches poco profundos (por ejemplo en tratamientos superficiales mostrando desprendimiento de materiales). Superficie sin defectos: ondulaciones moderadas o largas.

Manejo confortable entre 70-90 km/h, grandes movimientos perceptibles y oscilaciones. Usualmente asociados con defectos: frecuentes depresiones moderadas y variables o parches (por ejemplo 15-20mm/3m o 20-40mm/5m con frecuencia de 5-3 en 50 m) o baches ocasionales (por ejemplo 3-1 en 50 m). Superficie sin defecto: grandes ondulaciones o corrugaciones.

Manejo confortable entre 50-60 km/h, frecuentes movimientos puntuales u oscilaciones. Asociados con severos defectos: frecuentes depresiones profundas y variables y parches (por ejemplo 20-40mm/3m o 40-80mm/5m con frecuencia entre 5-3 en 50 m) o frecuentes baches (por ejemplo 4-6 en 50 m).

Necesario reducir velocidad por debajo de 50 km/h. Muchos depresiones profundas, baches y desintegración severa (por ejemplo 40-80 mm de profundidad con frecuencia entre 8-16 en 50 m).

Escala de estimación de la regularidad de vías para caminos pavimentados con concreto asfáltico o superficies con tratamiento superficial (chipseal).

Fuente: Adaptado y traducido de la especificación ASTM E 1926 "Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements".

Regularidad
(m/km, IRI)



Superficie recientemente nivelada de grava fina o superficie de suelo con excelente perfil longitudinal y transversal (usualmente encontrados sólo en longitudes cortas).

Manejo confortable entre 80-100 km/h, se perciben ondulaciones suaves u oscilaciones. Pequeñas depresiones (por ejemplo < 5mm/3m) y sin baches.

Manejo confortable entre 70-80 km/h, pero se perciben movimientos repentinos y algunos golpeteos de neumático. Frecuentes depresiones moderadas poco profundas o baches poco profundos (por ejemplo 6-30mm/3m con frecuencia de 5-10 en 50 m). Moderadas ondulaciones (por ejemplo 6-20mm/0.7-1.5m).

Manejo confortable a 50 km/h (o entre 40-70 km/h en secciones específicas). Frecuentes depresiones transversales moderadas (por ejemplo 20-40mm/3-5m con frecuencia entre 10-20 en 50 m) o depresiones ocasionales profundas o baches (por ejemplo 40-80mm/3m con frecuencias menores a 5 en 50 m). Ondulaciones fuertes (>20mm/0.7-1.5m).

Manejo confortable entre 30-40 km/h. Frecuentes depresiones transversales profundas y/o baches (por ejemplo 40-80mm/1-5m con frecuencia de 5-10 en 50 m); o depresiones ocasionales muy profundas (por ejemplo 80mm/1-5m con frecuencia menor que 5 en 50 m) con otras depresiones no profundas. No es posible evadir todas las depresiones excepto las peores.

Manejo confortable entre 20-30 km/h. Velocidades mayores a 40-50 km/h podrían ocasionar incomodidad extrema, y posibles daños al vehículo. En un buen perfil general: frecuentes depresiones profundas y/o baches (por ejemplo 40-80mm/1-5m en frecuencia de 10-15 en 50 m) y depresiones ocasionales muy profundas (por ejemplo >80mm/0.6-2m). En un perfil muy malo: frecuentes defectos moderados y depresiones (por ejemplo deficientes superficies de tierra).

Escala de estimación de regularidad de vías para caminos no pavimentados con gravas o superficies de tierra.

Fuente: Adaptado y traducido de la especificación ASTM E 1926 "Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements".