

Tecnología Inteligente ITS

Sistema de Pesaje dinámico

“Los hombres han llegado a ser las herramientas de sus herramientas.” — **Henry David Thoreau**

Ing. Daniel G. Russomanno, MBA
russomannodaniel@gmail.com



Temario

- Introducción
- Problemas en la movilidad
- Significado de Sistemas Inteligentes de Transporte ITS
- Sistemas de Pesaje Dinámico WIM
- Beneficios y Desafíos
- Metrología
- Sugerencias de Mejora
- Conclusiones

A vertical image on the left side of the slide shows a line of trucks, including a large white semi-truck in the foreground, traveling along a narrow, winding road that cuts through a steep, rocky mountain landscape. The road is dusty, and the surrounding terrain is rugged and mountainous.

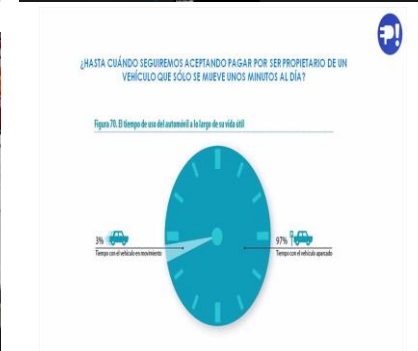
Introducción

- A medida que avanza la tecnología, también lo hace el potencial para crear carreteras inteligentes. Imaginémonos carreteras que puedan adaptarse al flujo del tránsito, comunicarse con los vehículos e incluso generar energía.
- Las carreteras inteligentes tienen el potencial de revolucionar el transporte al hacer que los viajes sean más seguros, más eficientes y más sostenibles.
- Exploremos los últimos desarrollos en tecnología de carreteras inteligentes y cómo están dando forma al futuro de la infraestructura.

La salvación de vidas (seguridad vial y sanitaria), la protección del medio ambiente, la mejora de la movilidad, la evolución económica, la garantía del trabajo, la mejora de la calidad de vida, la integración social y el bienestar de las personas no representan una opción sino que representan, cada uno, una obligación para tod@s.

Problemas en la Movilidad

- Infraestructura vial limitada.
- *Control limitado de Pesos y Dimensiones.*
- *Eficiencia logística limitada*
- *Falta de cumplimiento normativo y de sostenibilidad*
- *Fallas estructurales en la Planificación.*
- *Siniestralidad vial.*
- *Innovaciones emergentes y uso limitado de tecnología*
- *Impactos negativos en el Medio Ambiente.*
- Demanda creciente y Congestión vehicular.
- Accesibilidad limitada.
- Falta de Integración y Coordinación entre Rubros esenciales (Transporte, Energía, Educación, Salud, Trabajo., MA, Tecnología, I+D, etc)
- Fallas en la Conectividad.
- Fallas en el Análisis de Riesgos y Escenarios.
- Dependencia alta del transporte urbano particular.

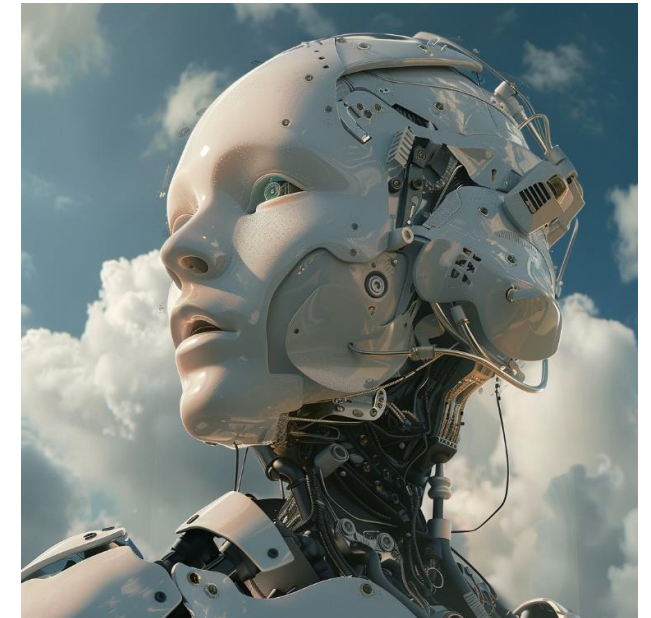


¿Qué es la Tecnología ITS?

ITS o Sistemas Inteligentes de Transporte es un término genérico y flexible otorgado a las aplicaciones integradas de comunicaciones, tecnologías de control y procesamiento de la información aplicadas al área de Transporte y de Infraestructura Vial.

El corazón de ITS es la información, ya sea con datos estáticos o en tiempo real, ya sea en los espacios públicos como en la red Internet y está basada en la recolección, procesamiento, integración y provisión de dicha información para la toma de decisiones en forma “inteligente”.

Es una tecnología disruptiva.



Sistemas de Pesaje Dinámico WIM



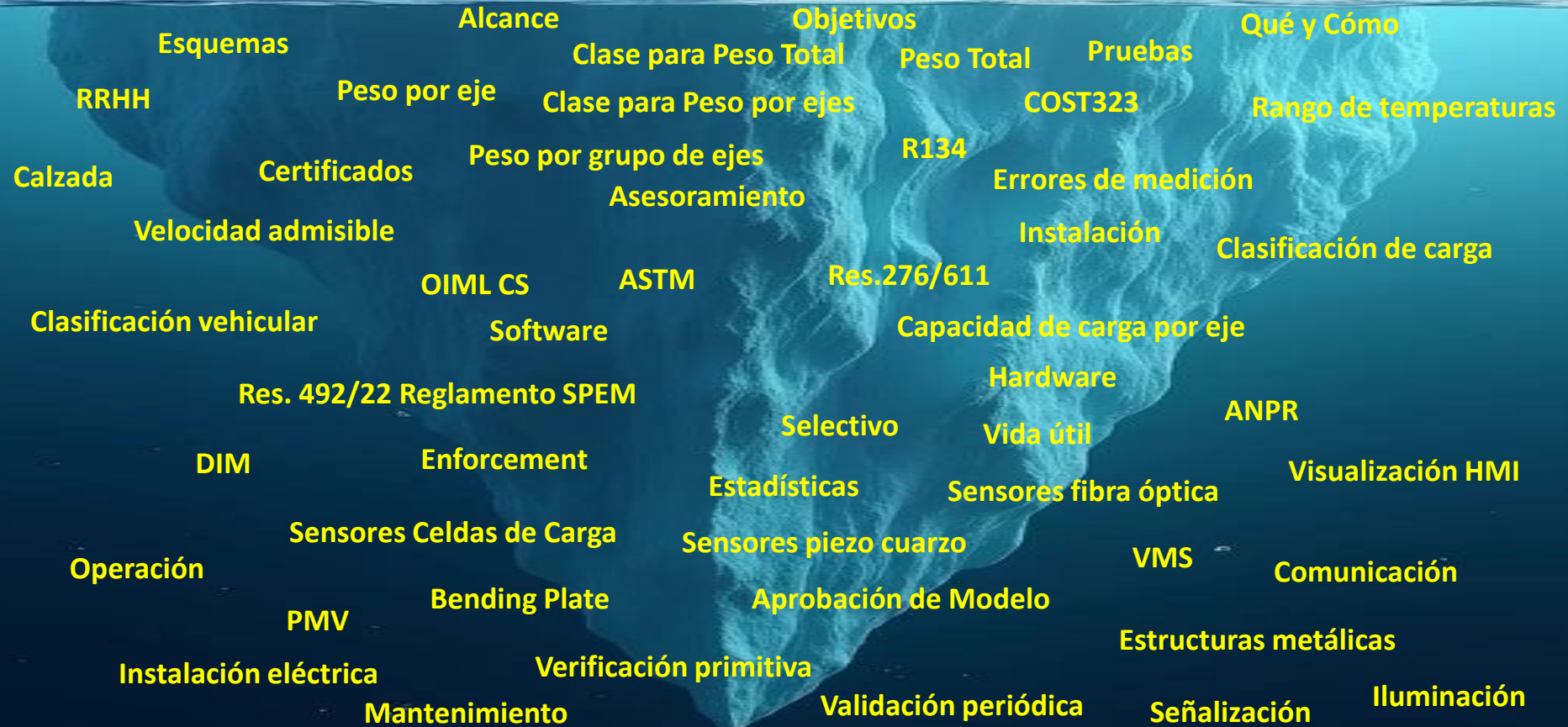
Qué hay que tener en cuenta en los sistemas de Pesaje Dinámico?

ITS

“Lo que ve una persona depende de la dirección en que mire; a veces, lo más importante es lo que no se ve.”

Albert Einstein

WIM





Pesaje Dinámico (Weighing in Motion) - Definición

"Todo fluye, nada permanece." — Heráclito

- Las cargas pesadas y frecuente tiene impactos significativos en las carreteras, aumentando el desgaste y reduciendo la vida útil de las carreteras. Aquí es donde entra en juego la tecnología llamada WIM.
- Lograr un equilibrio entre el control de cargas y el transporte terrestre es esencial para preservar la infraestructura vial y garantizar la eficiencia económica. Este equilibrio se basa en un conjunto de medidas tecnológicas, normativas y operativas que pueden optimizar tanto la protección de las rutas como el flujo del transporte
- ¿Qué es WIM?: El sistema de pesaje dinámico, utiliza la tecnología inteligente ITS para medir el peso de los vehículos en movimiento sin detenerlos, lo que permite controlar el peso de los camiones que transportan mercancías sin interrumpir el flujo vehicular en tiempo real. Esto asegura que los vehículos circulen dentro de los límites legales de carga, lo que a su vez reduce el daño en las carreteras y traen otros beneficios.



Pesaje Dinámico (Weighing in Motion) – Un poco de Historia

*“La historia es un conjunto de mentiras acordadas.” —
Napoleón Bonaparte*

- **2015 OCCOVI >>>>** Curso de Capacitación sobre ITS (WIM incluido)
- **2016 OCCOVI >>>>** Prueba piloto WIM con resultados diversos.

(Stakeholders: 5 tecnologías; distintas vialidades {OCCOVI y DNV}, SECI, INTI, sector privado {concesión vial, fabricantes e integradores, asociaciones civiles y federación de transportistas – FADEEAC}).

- **2018 DNV >>>>** Cancelación del programa
- **2019 30/09, SECI >>>>** Res. 611/19 “NORMAS Y PROCEDIMIENTOS SOBRE OPERACIONES DE CONTROL METROLÓGICO”, “REQUISITOS Y PROCEDIMIENTO PARA LA ACREDITACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE LABORATORIOS A INTEGRARSE EN EL SERVICIO NACIONAL DE APLICACIÓN” y “REQUISITOS Y PROCEDIMIENTOS PARA EL RECONOCIMIENTO DE REPARADORES A INTEGRARSE EN EL SERVICIO NACIONAL DE APLICACIÓN”
- **2021 18/06 SECI >>>>** Audiencia pública solicitada por PBA.
- **2022 22/06 SECI >>>>** Res. 492/22 y Reglamento SPEM
- **2024 16/09 Sec. IyC, >>>>** Res. 276/24

(sustituye anexos R611/19)



Pesaje Dinámico (Weighing in Motion) - Componentes

Principios de la Operación de un WIM para alta velocidad

Sistema WIM analógico

- Lazos inductivos/láser para reconocimiento de vehículos
- Filas de sensores para medición de velocidad
- Filas de sensores para medición de aceleración
- Sensores inclinados para posición lateral y detección de ejes; también se pueden utilizar para pesaje
- Sensores de medición de gálibo
- Sensores de clasificación
- Detectores de tipo de carga
- Sensores adicionales (p. ej., termómetro)
- Video cámaras ANPR
- Video cámaras de visión global
- Estructura metálica
- Infraestructura civil, mecánica, eléctrica y de ITS



Diseño de Infraestructura para Sistemas WIM

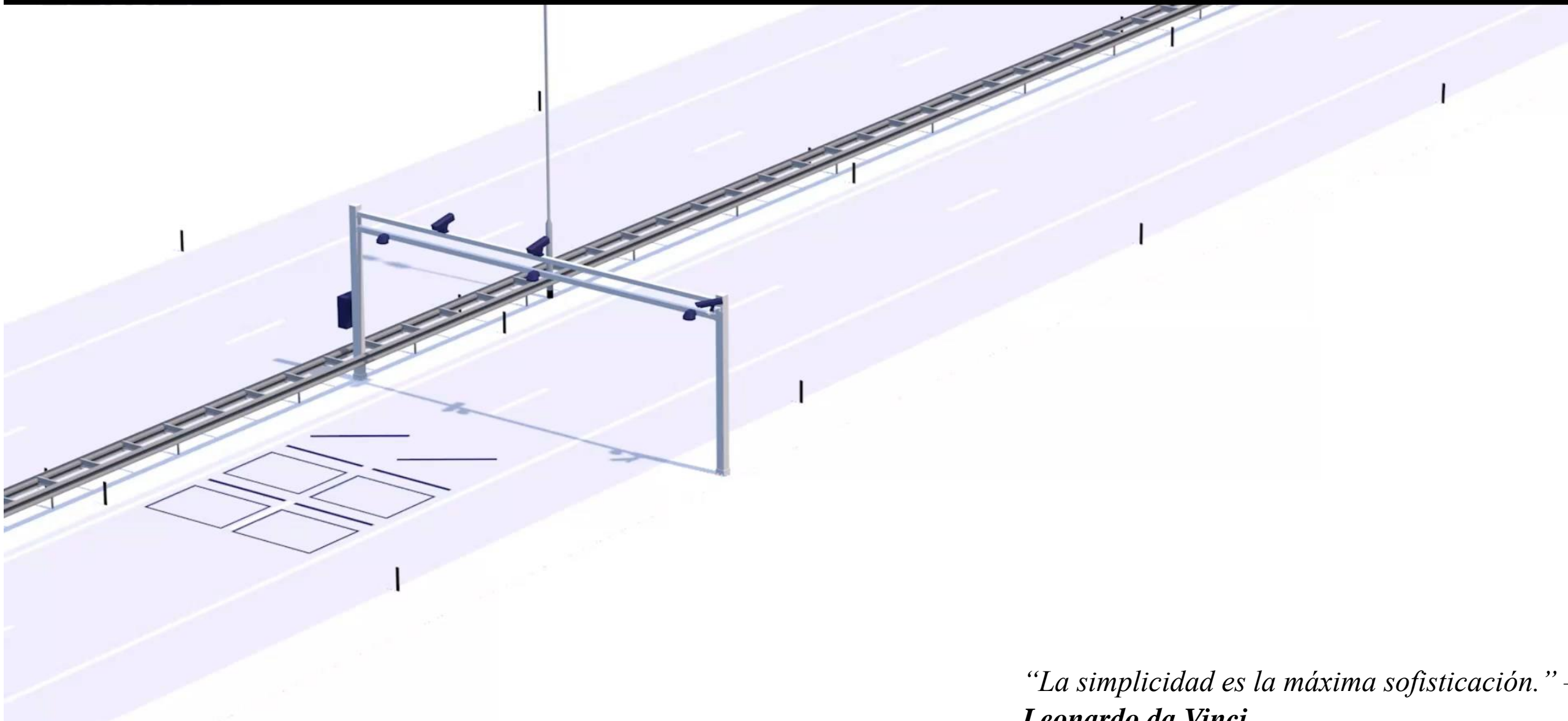
“Construimos demasiados muros y no suficientes puentes.”

— **Isaac Newton**

La instalación de sistemas WIM requiere una planificación cuidadosa de la infraestructura, incluyendo la selección adecuada de sensores, la preparación del pavimento, la integración con sistemas ITS de gestión de tránsito y la provisión de energía y conectividad para el procesamiento y transmisión de datos.

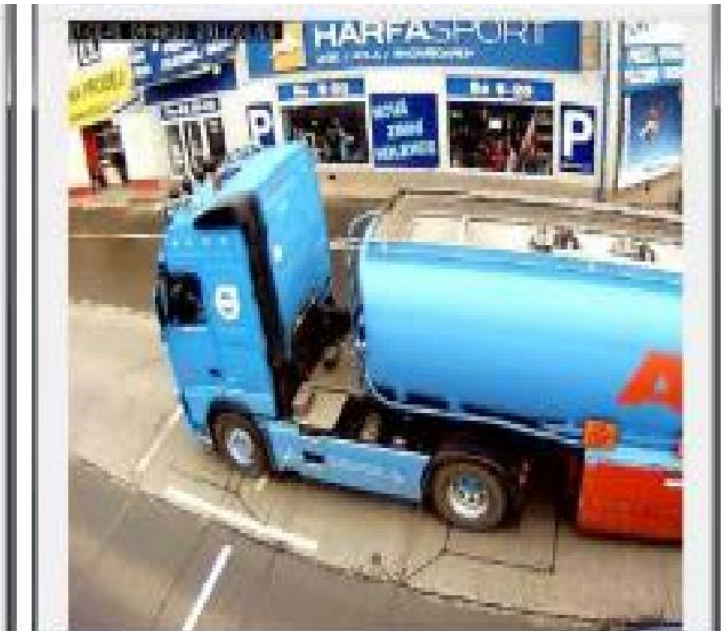


Diseño de Infraestructura para Sistemas WIM - Componentes



*“La simplicidad es la máxima sofisticación.” -
Leonardo da Vinci*

Pesaje Dinámico (Weighing in Motion) - Visualización



Senzor	Čas	Typ vozidla Klasifikační kategorie	SPZRZ Snímek	v	l	m ₁ l ₁₂	m ₂ l ₂₃	m ₃ l ₃₄	m ₄ l ₄₅	m ₅ l ₅₆	m ₆ l ₆₇	m ₇ l ₇₈	m ₈ l ₈₉	Zobrazení	Čistková hmotnost
ST-CE-W1	2010-10-13 07:13:02	osobní vozidlo Car	1SH1467 1SH 1467	61	4.80	736 2.62	574								1310
ST-CE-W1	2010-10-13 07:13:00	dodávka s dvounápravovým přívěsem Van	7A89900 7A8 9900	58	9.90	1114 2.92	1203 3.95	549 0.55	219						3085
ST-CE-W1	2010-10-13 07:12:55	osobní vozidlo Car	4S73614 4S7 3614	65	5.10	970 2.81	710								1680
ST-CE-W1	2010-10-13 07:12:49	tahač s třínápravovým návěsem Hut	8S47476 8S4 7476	75	13.40	6783 4.11	13176 4.72	8882 1.41	8856 1.41	7299					44998

Seleccione el criterio y vista de los datos del tráfico en tiempo real

Localidad **Grupo lógico**

Todos

Filtro

Vše

Placa

Número de registros

10

Vista

Línea sencilla

Periodo de actualización

3 s

Alarma - Sobrecarga

☒

Prueba de sonido

Enviado a ORP

☐

☐

Start

Stop

Última actualización: 2024-11-30 22:28:04

Detalle	Sensor	Tiempo	Pictograma	Placa	ILPC	Imagen	Registro de la placa - trasera	ILPC - back	Imagen - trasera	ADR	Imagen	Peso bruto	Velocidad	Remolque	Recuento de ejes
	D35-OV-W2	2024-11-30 22:27:32		4SE37E	CZ		4SEJ7E	CZ				1189 kg	118 km/h		2
	D35-OV-W1	2024-11-30 22:27:03		9T10134	CZ		9T10134	CZ				1999 kg	125 km/h		2
	D35-OV-W2	2024-11-30 22:27:03		BT331HT	SK		BT331HT	SK				1815 kg	112 km/h		2
	D35-OV-W2	2024-11-30 22:26:16		BC4578PT	UA		BC4578PT	UA				1505 kg	109 km/h		2
	D35-OV-W2	2024-11-30 22:26:15		BC8384MT	UA		BC8384MT	UA				1810 kg	113 km/h		2
	D35-OV-W2	2024-11-30 22:25:55		2TE8005	CZ		2TE8005	CZ				1600 kg	Velocidad del vehículo		2
	D35-OV-W2	2024-11-30 22:25:50		W-42815P	A		W-42815P	A				2934 kg	109 km/h		2
	D35-OV-W2	2024-11-30 22:25:45		8B70321	CZ		8B70321	CZ				1412 kg	112 km/h		2
	D35-OV-W2	2024-11-30 22:25:40		4T68886	CZ		4T68886	CZ				1556 kg	95 km/h		2



Beneficios de los Sistemas WIM

"El hombre es la medida de todas las cosas, pero a veces olvidamos que la medida no siempre es exacta." — Protágoras

Para el Transporte de Carga	Para el Medioambiente	Para la Infraestructura y el Presupuesto Público	Para la Seguridad Vial	Para la Economía y el Desarrollo Regional	Identificación de infractores:	Eficiencia logística
Reducción de sobrecargas que desgastan la infraestructura vial.	Menor necesidad de reparaciones viales que generan residuos y emisiones	Prolongación de la vida útil de las carreteras.	Disminución del riesgo de accidentes causados por vehículos con exceso de peso. (maniobrabilidad limitada, etc)	Incremento de la competitividad logística en sectores clave como áridos, agricultura y minería.	Sanción rápida a infractores e incentivos para cumplidores.	Optimización de sus cargas maximizando la eficiencia y sostenibilidad del transporte.
Optimización de rutas para vehículos de carga dentro de los límites legales.	Reducción de emisiones debido al transporte más eficiente.	Reducción de costos de mantenimiento vial.	Prevención del deterioro acelerado de puentes y vías críticas.	Generación de empleo y fortalecimiento de la educación técnica especializada.	Generación de ingresos mediante multas por infracciones verificadas.	Menores tiempos y costos de logística

Reducción de la Siniestralidad Vial

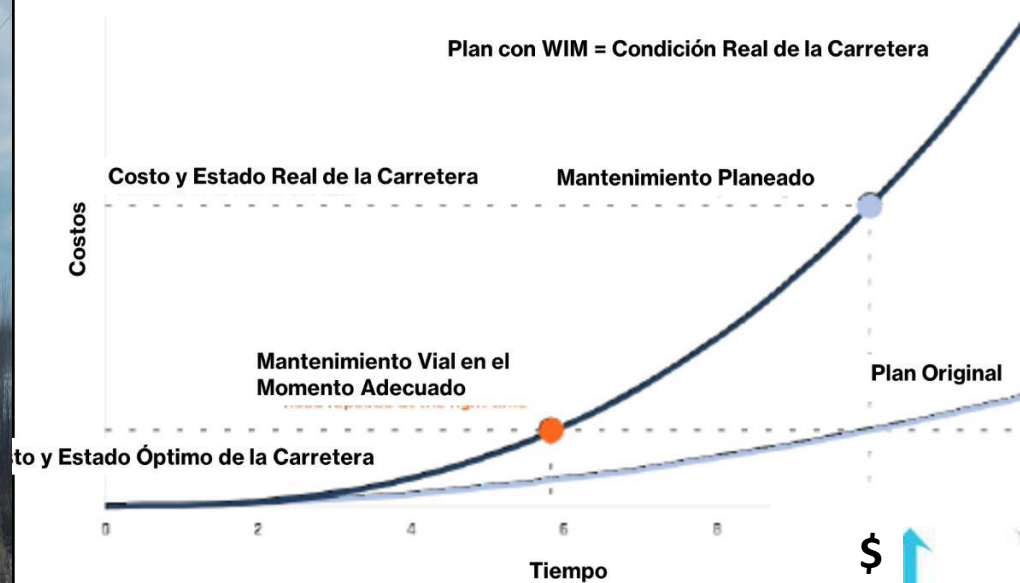
*“La vida es aquello que te pasa mientras estás ocupado haciendo otros planes.” — **John Lennon***

- Sobrecargas
- Exceso de velocidad
- Mal Estibamiento
- Altura Excedida
- No respecto de distancias de frenado





Reducción de Costos de Mantenimiento y Operación

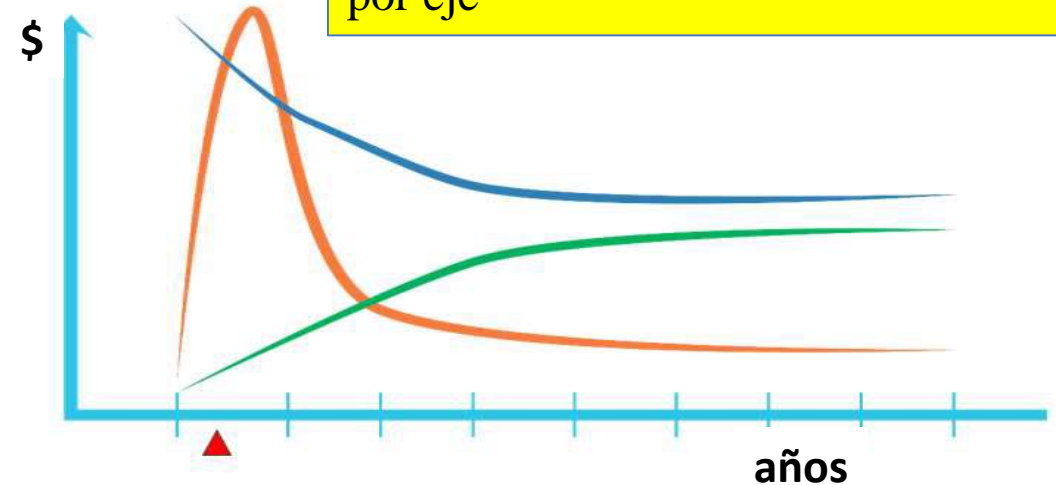


“Los hombres no se perturban por las cosas, sino por las opiniones que tienen de las cosas.” —

Epicteto

Si un pavimento estaba diseñado para una vida útil de 10 años con un tránsito normal, ese mismo pavimento podría desgastarse en aproximadamente **7 años** o menos con un aumento del 10% en el peso por eje

El daño causado al pavimento por una carga se calcula proporcional al peso elevado a la cuarta potencia



- Multas por vehículos sobrecargados después del WIM
- Monto compensado en daños desde los transportistas
- Costos de mantenimiento y operación de las vialidades

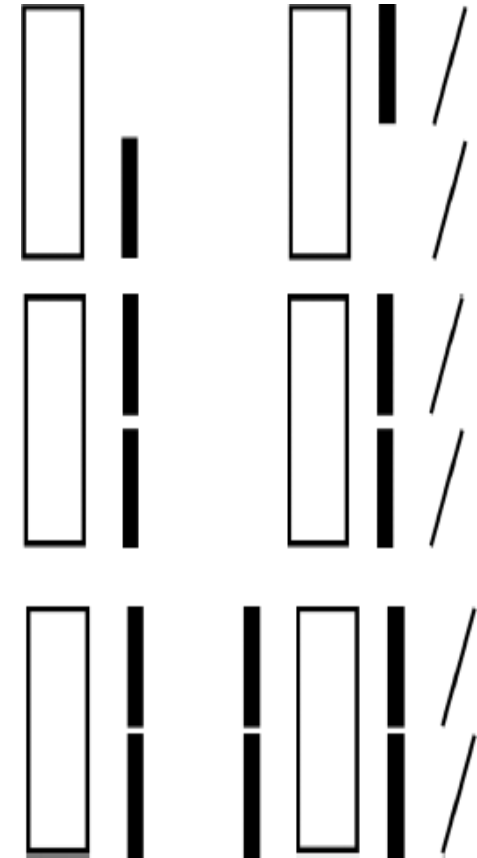


Clasificación de Sistemas WIM

“Clasificar es el modo de ignorar la complejidad de las cosas.” — Michel Foucault

Funciones

- Estadísticas
 - Objetivos de Recolección de Datos vehiculares
- Preselección
 - Información de Datos de Pesos
 - Detección Vehicular con Sobre peso para un siguiente pesaje estático
 - Datos de velocidad
 - Datos de distancia entre ejes
 - Clasificación de camiones
- Fiscalización: Aplicaciones Punitivas
 - Instalaciones homologadas
 - No es necesario un pesaje estático adicional
 - Fiscalización directa o vía back office.





Tecnologías de Sensores en WIM

- **Sensores de cuarzo:** Utiliza sensores de cuarzo para detectar las vibraciones y las fuerzas dinámicas producidas por los vehículos
 - Ventajas: Ofrecen muy alta estabilidad, alta precisión y son resistentes a condiciones adversas. Son ideales para rutas donde la precisión es crucial, como en estaciones de peaje. Gran durabilidad. Desventajas: Son más costosas y requieren mantenimiento especializado.
- **Sensores piezoeléctricos:** Los sensores piezoeléctricos detectan las cargas de presión generadas por los vehículos al pasar sobre ellos, midiendo la deformación del pavimento.
 - Ventajas: Son económicos, fáciles de instalar y adecuados para una medición rápida en rutas de alto tránsito. Desventajas: Tienen una precisión limitada en comparación con otras tecnologías y pueden ser menos confiables en condiciones climáticas extremas. Menor precisión a largo plazo.
- **Galgas Extensométricas:** Mide la deformación del pavimento causada por la carga del vehículo mediante la variación de la resistencia eléctrica en la galga extensométrica.
 - **Ventajas:** Alta precisión en mediciones de peso, Buena durabilidad en condiciones de tráfico intenso.; Compatible con estructuras rígidas (puentes, pavimento reforzado). Desventajas: Instalación más compleja y costosa en comparación con tecnologías piezoeléctricas.
- **Basada en Plataformas de Pesaje Completo**
 - Ventajas: Precisión máxima para pesos. Desventajas: Apta para velocidades bajas a moderadas.
- **Sistemas basados en sensores de fibra óptica.**
 - Ventajas: Precisión superior, inmunidad a interferencias eléctricas. Desventajas: Requiere alta inversión inicial



Tecnologías de Sensores en WIM

“La tecnología es un sirviente útil, pero un amo peligroso.” — Christian Lous Lange

Características

Tecnología	Precisión	Durabilidad	Costo Inicial	Aplicaciones
Piezoeléctrica	Media	Media	Baja	Rutas con tránsito ligero/moderado.
Cuarzo	Alta	Alta	Media	Aplicaciones exigentes y de alta velocidad.
Fibra Óptica	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Zonas críticas con tráfico pesado.
Galgas Extensométricas	Alta	Media/Alta	Alta	Puentes y carreteras con tránsito constante.
Plataformas de Pesaje con celdas de carga	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Control en velocidades moderadas.



Tecnologías de Sensores en WIM

“La tecnología es un sirviente útil, pero un amo peligroso.” — Christian Lous Lange

Característica	Cuarzo Piezoeléctrico	Celdas de Carga	Sensores Alternativo flexible (capacitivos, de película delgada, F.O., nanomateriales, etc)
Durabilidad	Alta, típica >10 años, resistente a temperaturas extremas	Moderada, depende del diseño y carga máxima (10-20 años). Alta carga puede reducir vida útil.	Alta, diseño flexible para soportar múltiples ciclos sin fallas.
Rango de velocidades	1-140 km/h	Hasta 100 km/h (optimizado para pesaje lento).	Similar al cuarzo, pero puede variar según el material.
Precisión	Cumple OIML R134 A(2) o A(3) (5% peso total, 10% peso por eje)	Generalmente superior a piezoeléctrico, pero ideal para balanzas estáticas.	Dependiente del diseño, frecuentemente usado en entornos selectivos.
Resistencia a temperatura	Excelente (-40°C a +65°C)	Moderada (requiere compensación térmica).	Alta, adaptable a temperaturas extremas si se diseña adecuadamente.
Aplicaciones ideales	Alta velocidad, enforcement directo, tránsito pesado	Baja velocidad, pesaje de precisión en estaciones	Tránsito selectivo, sistemas temporales o móviles.
Instalación y mantenimiento	Requiere precisión y relleno de resina, mantenimiento mínimo	Más compleja, requiere infraestructura de soporte	Fácil instalación pero puede necesitar recambio frecuente.
Costo	Moderado a alto. Gran beneficio-costo en aplicaciones	Alto en aplicaciones dinámicas por requerimientos de	Bajo a moderado.

WIM

Tipo de Certificado		De conformidad		De conformidad		De conformidad		OMI - CS Bajo Esquema A		OMI - CS Bajo Esquema B		OMI - CS Bajo Esquema A		OMI - CS Bajo Esquema B		OMI - CS Bajo Esquema A		OMI - CS Bajo Esquema B	
Autoridad emisora		01	04	04	04	04	04	04	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03
Solicitante:		10	07	07	07	09	07	07	07	01	04	04	3	04	04	04	04	04	04
Fabricante del patén certificado:		10	07	07	07	09	07	07	07	01	04	04	3	04	04	04	04	04	04
Identificación patén certificado:		Instrumentos automáticos para pesaje de vehículos en Movimiento;		Instrumentos automáticos para pesaje de vehículos en Movimiento y medición de carga por ejes;		Instrumentos automáticos para pesaje de vehículos en Movimiento y medición de carga por ejes;		Instrumentos automáticos para pesaje de vehículos en Movimiento y medición de carga por ejes;		Instrumentos automáticos para pesaje de vehículos en Movimiento y medición de carga por ejes;		Instrumentos automáticos para pesaje de vehículos en Movimiento		Instrumentos automáticos para pesaje de vehículos en Movimiento		Instrumentos automáticos para pesaje de vehículos en Movimiento		Instrumentos automáticos para pesaje de vehículos en Movimiento	
Tipo xxxxx		xxxx		xxxx		WIM xxx		xxx		Sistema WIM xx		Sistema WIM xx		xxx		xxx		xxx	
Recomendación y año		R134-2003		R134-1-2006		R134-1-2006		R134-1-2006		Sistema WIM xx		Sistema WIM xx		R134-1-2006		R134-1-2006		R134-1-2006	
Hardware certificado		No discrimina		No discrimina		No discrimina		No discrimina		No discrimina		No discrimina		No discrimina		No discrimina		No discrimina	
Sistema certificado (software)		No discrimina		No discrimina		No discrimina		No discrimina		No discrimina		No discrimina		No discrimina		No discrimina		No discrimina	
Tipo de sensor		No menciona (Platformacon)		No menciona		No menciona		No menciona (ultras galgas preso de curao)		No menciona		Galgas de cuerro		Galgas de cu		Galgas de cuerro		Galgas de cuerro	

Ing. Daniel G. Russomanno, MBA
Buenos Aires 2024



Implementación de Sistemas Combinados

“La perfección es alcanzada no cuando no hay nada más que agregar, sino cuando no hay nada más que quitar.” — Antoine de Saint-Exupéry

La combinación de sistemas WIM de alta y baja velocidad permite una estrategia efectiva para el monitoreo y control del peso vehicular.

- ☐ Los sistemas de alta velocidad pueden preseleccionar vehículos potencialmente sobrecargados, que luego son dirigidos a estaciones de baja velocidad para una verificación más detallada.
- ☐ Peaje diferenciado basado en la sobrecarga de los vehículos. Esto se sustenta en objetivos de sostenibilidad, seguridad vial y eficiencia económica, pero su implementación debe evaluarse cuidadosamente bajo varios aspectos.
 - Regulación Legal
 - Compatibilidad Tecnológica
 - Viabilidad Financiera



Implementación de Sistemas Combinados

“La perfección es alcanzada no cuando no hay nada más que agregar, sino cuando no hay nada más que quitar.” — Antoine de Saint-Exupéry

KPI	H-WIM Exclusivo	WIM Selectivo + L-WIM
Inversión Inicial	++	+ (depende el alcance)
Mantenimiento Anual	++	+ (depende el alcance)
Costo por Infraestructura	Alto	Moderado (depende el alcance)
Precisión para Enforcement	92-95%	95-99%
Capacidad de Escalabilidad	Alta	Alta
Congestión	Muy Baja	Moderada-Alta
Volumen de tránsito	Alto	Alto (si hay peaje)



Elección del Pavimento para Sistemas WIM

“Lo que se ve, no es lo que es; lo que se oye, no es lo que parece.” — Heráclito

La precisión de los sistemas WIM depende en gran medida del tipo de pavimento donde se instalan. Los pavimentos rígidos, como el hormigón, ofrecen una base estable que mejora la exactitud de las mediciones, mientras que los pavimentos flexibles, como el asfalto, pueden requerir consideraciones adicionales para mantener la precisión.

- Pavimento Rígido (Hormigón)
- Pavimento Asfáltico Modificado
- Pavimento Compuesto (Híbrido: Base de hormigón y Superficie de asfalto)

Elegir según los KPI requeridos de:

- ✓ Estabilidad
- ✓ Durabilidad
- ✓ Complejidad del Mantenimiento
- ✓ Características del sitio y del tránsito del lugar de uso
- ✓ Flexibilidad
- ✓ Dificultad en la instalación
- ✓ Adaptación a sensores
- ✓ Uniformidad

Para un **sistema WIM de alta velocidad**, se recomienda el **pavimento rígido de hormigón** debido a su estabilidad superior y menor susceptibilidad a deformaciones, especialmente en rutas con tránsito pesado y velocidades superiores a 80 km/h.



Elección de un sistema WIM

“Entre dos males, siempre elige el que nunca has probado antes.” — Mae West

- **Normas Internacionales y Certificaciones:** Cumplimiento con regulaciones nacionales y requisitos legales de enforcement.
- **Precisión:** Clases de precisión según la velocidad y carga vehicular.
- **Robustez:** Resistencia a condiciones climáticas extremas y alto tránsito.
- **Software y Visualización de los datos**
- **Interoperabilidad:** Capacidad de integrarse con otros sistemas ITS, como cámaras ANPR y software de gestión y visualización.
- **Capacidades de Reportes:** Generación de datos en tiempo real para fines de monitoreo, estadísticas y enforcement.
- **Mantenimiento y Soporte:** Evaluar costos de mantenimiento y disponibilidad del soporte técnico

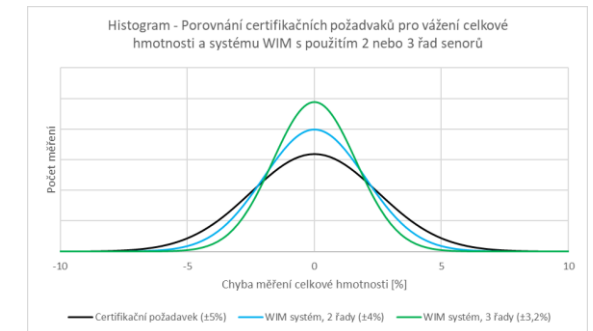
Errores en la Medición

Fuentes de errores de medición

“Es más fácil engañar a la gente que convencerla de que ha sido engañada.” — Mark Twain

Conjunto de sensores WIM en la carretera

- Parámetros típicos de los sensores (estándar actual)
 - Sensibilidad longitudinal ($< \pm 2\%$)
 - Linealidad ($< \pm 1\%$ del rango de medición)
 - Histéresis ($< 2\%$ del rango de medición)
 - Precisión de pesaje (2 % en laboratorio)
- Los sensores deben tener parámetros adicionales necesarios para la funcionalidad a largo plazo
- La contribución de los sensores a los errores es relativamente baja en comparación con otras fuentes de error
- La sensibilidad longitudinal no es constante.
- La sensibilidad del sensor no es constante con el tiempo.
- Si se utilizan varios sensores:
 - Menor incertidumbre de medición e impacto en el envejecimiento de la carretera y mayor vida útil del sistema





Errores en la Medición

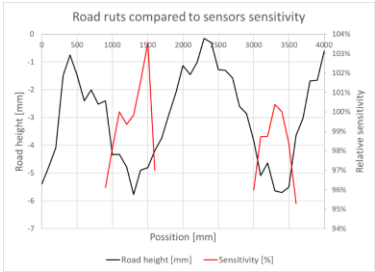
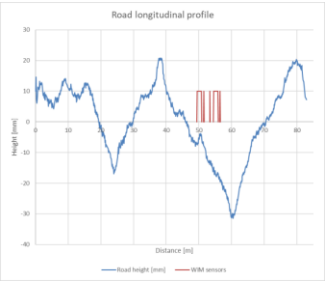
Fuentes de errores de medición

Características de la carretera

- Pendiente longitudinal (<1%) y transversal (<3%)
 - Distribución desigual de la carga (izquierda-derecha, delante-detrás), frenado, par del eje motriz, tramo recto (200m), etc.
- Uniformidad longitudinal y transversal
 - Efectos dinámicos de la suspensión y de la carrocería del vehículo
- Rigidez (deflexión <150 μm) y su homogeneidad
 - Reducción de la vida útil del sensor
 - Sensibilidad dependiente de la posición transversal y de la temperatura
- Ahuellamiento (<4mm)
 - Reducción de la vida útil del sensor
 - Efectos dinámicos de la suspensión y de la carrocería del vehículo

			WIM site classes		
			I Excellent	II Good	III Acceptable
Rutting (3 m - beam)		Rut depth max. (mm)	≤ 4	≤ 7	≤ 10
Deflection (quasi-static) (13 t - axle)	Semi-rigid Pavements	Mean deflection (10 ⁻² mm)	≤ 15	≤ 20	≤ 30
		Left/Right difference (10 ⁻² mm)	± 3	± 5	± 10
	All bitumen Pavements	Mean deflection (10 ⁻² mm)	≤ 20	≤ 35	≤ 50
		Left/Right difference (10 ⁻² mm)	± 4	± 8	± 12
Deflection (dynamic) (5 t - load)	Flexible Pavements	Mean deflection (10 ⁻² mm)	≤ 30	≤ 50	≤ 75
		Left/Right difference (10 ⁻² mm)	± 7	± 10	± 15
	Semi-rigid Pavements	Deflection (10 ⁻² mm)	≤ 10	≤ 15	≤ 20
		Left/Right difference (10 ⁻² mm)	± 2	± 4	± 7
Evenness	All bitumen Pavements	Mean deflection (10 ⁻² mm)	≤ 15	≤ 25	≤ 35
		Left/Right difference (10 ⁻² mm)	± 3	± 6	± 9
	Flexible Pavements	Mean Deflection (10 ⁻² mm)	≤ 20	≤ 35	≤ 55
		Left/Right difference (10 ⁻² mm)	± 5	± 7	± 10
Evenness	IRI index	Index (m/km)	0 - 1.3	1.3 - 2.6	2.6 - 4
	APL ⁽¹⁾	Rating* (SW, MW, LW)	9 - 10	7 - 8	5 - 6

The rutting and deflection values are given for a temperature below or equal to 20°C and suitable drainage conditions.



Errores en la Medición

Fuentes de errores de medición

Características de la carretera

- Homogeneidad de la construcción de la carretera
 - Vida útil reducida del sensor
 - Sensibilidad dependiente de la posición transversal
- Espesor y composición de las capas
 - Vida útil reducida del sensor y de la carretera
- Ubicación
 - Efectos dinámicos adicionales de la carretera (puentes, construcciones bajo la carretera, etc.)
 - Efectos dinámicos adicionales del vehículo (aceleración, frenado, cambios de carril, etc.)
- Instalación, calibración o mantenimiento incorrectos





Errores en la Medición

Fuentes de errores de medición

Condiciones ambientales

- Capas de nieve, hielo, arena y barro
 - Reducción de la sensibilidad
 - Efectos dinámicos de la suspensión y la carrocería del vehículo
- Temperatura de la carretera
 - Dependencia de la temperatura (la desviación de la carretera cambia en caso de carreteras demasiado flexibles)
- Viento
 - Efectos dinámicos de la suspensión y la carrocería del vehículo (limitados a ráfagas de viento)
- Agua
 - Efectos muy limitados



Errores en la Medición

Fuentes de errores de medición

Comportamiento del vehículo y del conductor

- Construcción del chasis y la suspensión
- Estado técnico del vehículo
- Propiedades de la carga (p. ej., líquidos)
- Conducción irregular (aceleración, frenado, etc.)
- Cambio de carril
- Intentos de evitar el proceso de pesaje



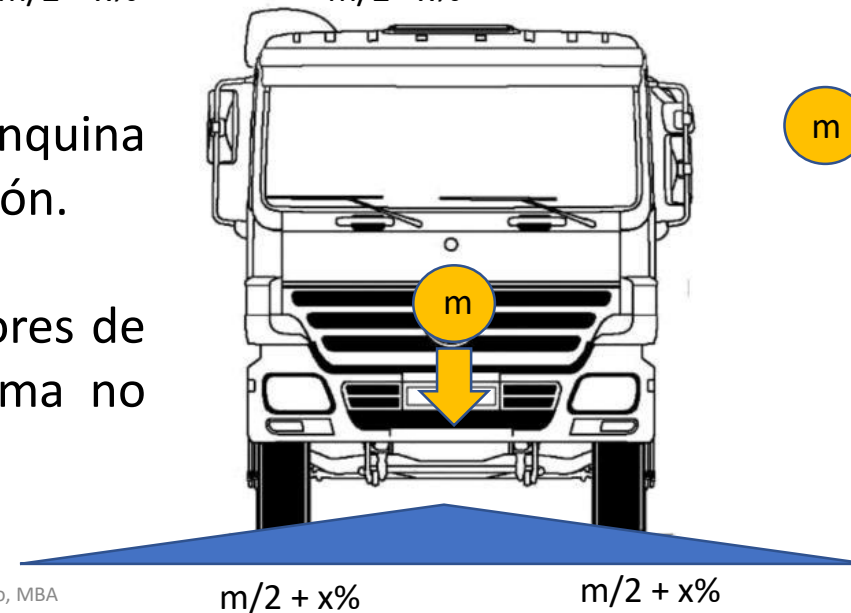
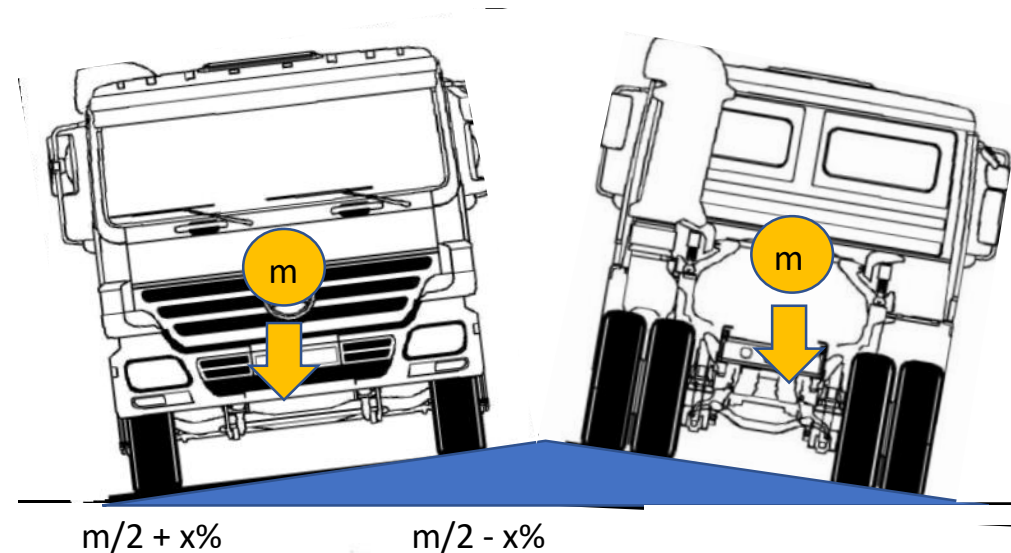


Errores en la Medición

Fuentes de errores de medición

Calibración

- Conducir entre carriles o sobre la banquina puede producir un error en la medición.
- La pendiente longitudinal causa errores de medición cuando se calibra en forma no adecuada.



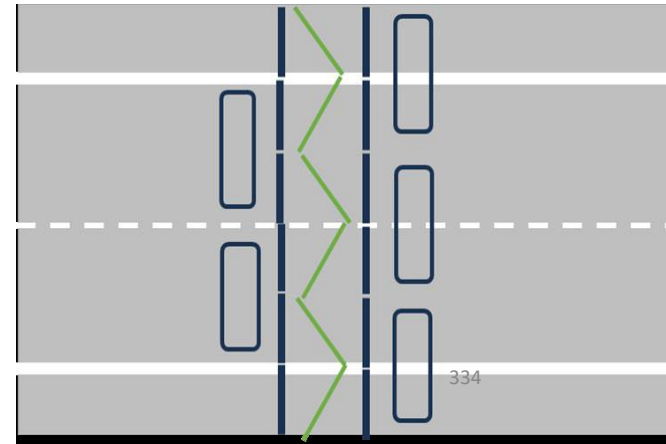
m Centro de gravedad

Errores en la Medición

Reducción de los errores de medición

Evitación deliberada del pesaje

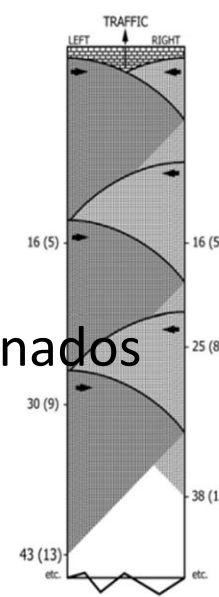
- Explotación de los principios de funcionamiento, los rangos de medición y la documentación de HS-WIM
 - Conducción por banquina/carril rápido/a baja/alta velocidad, parada
 - Conducción entre carriles y cambio de carril
 - Formación de pelotón de camiones
 - Cubrimiento de matrículas
 - Conducción muy lenta
- Soluciones
 - Sensores adicionales para funcionamiento de flujo libre (carriles virtuales verificables por separado)
 - Rango de velocidad ampliado
 - Se necesitan sistemas de cámara avanzados
 - Legislación: evitar el pesaje como infracción



Errores en la Medición

Reducción de los errores de medición

- Relevamiento y selección de la ubicación correcta
- Utilización de tecnología ITS adecuada a los objetivos determinados
- Instalación en una carretera de calidad
- Características del pavimento
- Geometría de la carretera
- Validación de mediciones
- Plan eficaz de Mantenimiento
- Plan eficaz de inspecciones
- Uso de algoritmos avanzados y adecuados
- Normas adoptadas correspondientes





Legislación aplicable vigente para controles punitivos

“La ley es poderosa, pero más poderosa es la necesidad.”

Johann Wolfgang von Goethe

- [PE - Ley 24.449 \(Ley de Tránsito\) y sus modificatorias \(Decretos y Resoluciones\) PE - Ley 19.511 \(SIMELA – Sistema Métrico Legal Argentino\)](#)
- [PE - Decreto 879/1989 \(Establece unidades de medida y otros\)](#)
- [PE - Decreto 788-2003 \(Modificación Ley 19.511 – Interviene el INTI\)](#)
- [PE - Decreto 79/1998 y modificatorias \(Pesaje por Ejes – Formas de Control\) Resolucion SCT 48 2003 \(Armonización reglamentación MERCOSUR\) Resolucion SCT 49 2003 \(Normas y procedimientos metrológicos\) Resolución 2307 80 \(Reglamentación madre del la ley 19.511\)](#)
- [Resolucion 73 2003 \(Alcance de los Instrumentos bajo control del INTI\)](#)
- [SDCyC y SICyM - Resolucion conjunta 86-2000 y 279-2000 \(Reglamento balanzas para ejes\)](#)
- [Resolución 151 2000 SDC y C \(Básculas para Cargas por Ejes en uso a la fecha de la](#)
- [Resolución Conjunta 86-2000 y 279-2000\)](#)
- [SCDyDC - Resolucion 119-2001 \(Modificación Anexo I Resol. Conj. 86-2000 y 279- 2000\)](#)
- [DNCI ML - Disposición 756-2007 \(Aprobaciones de instrumentos fuera de ley\)](#)
- [INTI - Disposicion 364-2003 \(Certificados de Conformidad – Condiciones a cumplir por los fabricantes\)](#)
- [Resolucion 57 2004 \(Aprobaciones de Modelos – Ensayos por INTI\)](#)
- [Resolucion 176 2004 \(Requisitos para Primitiva y Periódica\) Resolucion 204 2005](#)
- [\(Aprobaciones de Modelo – Requisitos\)](#)
- [Disposiciones de carácter auxiliar que nada agregan en cuanto a la aplicación de las reglamentaciones vigentes](#)



Metrología. Definiciones.

"Lo que se puede medir, se puede mejorar; pero lo que no se mide, nunca se sabrá si se mejora." — Lord Kelvin

- Aprobación de Modelo: Es el procedimiento a través del cual se certifica que el **prototipo** de un Instrumento de Medición Reglamentado cumple con las normas y procedimientos establecidos en el punto 2 del Capítulo II del presente Anexo I y en el reglamento técnico y metrológico aplicable.
- Verificación Primitiva: Es el procedimiento a través del cual se certifica que un Instrumento de Medición Reglamentado cumple con los requisitos establecidos en el reglamento técnico y metrológico aplicable.
- Verificación Periódica: Es la comprobación, con carácter regular y obligatoria, realizada por el INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (INTI) con posterioridad a la Verificación Primitiva o Declaración de Conformidad, de corresponder, a requerimiento del Usuario de un Instrumento de Medición Reglamentado, en virtud de la cual el INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (INTI) certifica que el Instrumento de Medición Reglamentado cumple con lo establecido por la presente resolución y con los requisitos establecidos en el reglamento técnico y metrológico aplicable.
- Certificado de Aprobación de Modelo: Es el documento que certifica que la aprobación de modelo se ha concedido. El "Certificado de Aprobación de Modelo" a los fines de la presente resolución, se corresponderá a un Certificado o Resolución o Disposición o lo que determine el Servicio Nacional de aplicación (Res.276/24)

Fuente: R611/19

Fuente: R276/24



Normas Internacionales y Certificaciones OIML

Certificados OIML-CS



“Las leyes son como las telas de araña, que atrapan a los pequeños insectos, pero dejan pasar a los grandes.”

Anacharsis

La **Organización Internacional de Metrología Legal (OIML)** establece estándares para garantizar la precisión y confiabilidad de los sistemas de pesaje. La recomendación **OIML R134** se centra en los sistemas WIM, definiendo criterios de desempeño y procedimientos de ensayo para su certificación. En la página de la OIML www.oiml.org/en/oiml-cs/certificat-view existen registrados 32 certificados que cumplen la R134-2006 de distintas marcas, tipos de sensores y características.

- Certificación del sistema Hardware + Software integrados
- Certificación del Hardware sólo
- Rango de temperaturas de los sensores y de la electrónica
- Tipo de instrumento de medición
- Tipo de esquema A (exhaustivo) ó B (menos riguroso)
- Clase de exactitud (s/ norma adoptada)
- Rango de precisión en pesos total(3% o 5%, 10%), por eje o por grupos de ejes (10% u 11%)
- Rango de velocidades vehiculares máxima y mínima (ente 5 y 140km/h)
- Capacidad de carga máxima y mínima por eje (entre 10tn y 30tn)
- Vida útil (5,10,15 años)



Certificación OIML- CS. Ensayos Esquema A.

"El conocimiento que no se puede medir, se considera irrelevante; y la irrelevancia, por lo visto, se mide muy bien."

Emmanuel Kant

- Precisión a distintas velocidades
- Repetibilidad
- Temperatura, humedad y corrosión
- Interferencia electromagnética
- Resistencia a la fatiga
- Resistencia a impactos
- Conectividad
- Integración
- Consistencia con sistemas de pesaje estático
- Sistema de gestión de calidad
- Auditoría a instalaciones de fabricación
- Ensayos en campo
- Evaluación de la documentación y trazabilidad
- Calibración y Verificación inicial



Resoluciones Argentinas y Recomendaciones internacionales

“La ley es la razón libre de pasiones.” — Aristóteles

- **Ley N° 24.449:** establece que “Los vehículos y su carga no transmitan a la calzada un peso mayor al indicado en los siguientes casos:...”,
- **Decreto N° 779/95:** la fiscalización del cumplimiento de los pesos de vehículos de transporte resulta conveniente la reglamentación de instrumentos de medición automáticos para pesaje en movimiento de vehículos de carretera, que permitirán un más eficiente control por dichas autoridades.
- **Resolución 276/24 (ex R611/19** que se enfocada en las **normas de certificación y las pruebas**): Esta resolución establece los lineamientos para la implementación y operación de sistemas WIM en el país, alineándose con estándares internacionales y promoviendo el control efectivo del peso vehicular para proteger la infraestructura vial y garantizar la seguridad en las rutas. se enfoca principalmente en la **implementación y operación de sistemas WIM**.
- **Res 492-22:** Reglamento Técnico y Metrológico de “Instrumentos Automáticos para Pesaje en Movimiento de Vehículos de Carretera
- **Recomendación OIML R134:** Recomendaciones internacionales para los requerimientos y procedimientos de tests usados para la evaluación de estos instrumentos. Es un estándar internacional. Sin embargo, su aplicabilidad para recomendar sistemas WIM en velocidades superiores a 80 km/h depende de varios factores:
- **COST 323** (European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research): es una investigación europea que desarrolló directrices y estándares para la implementación de tecnologías de pesaje en movimiento en aplicaciones viales.
- **ASTM 1318** (American Society for Testing and Materials): Especificaciones estándar para Sistemas de pesaje dinámico en rutas

Aprobación de Modelo

“Lo que se mide, se gestiona; lo que no se mide, no se gestiona. Pero, ¿realmente sabemos qué estamos midiendo?”
— **Peter Drucker**

Para la implementación de sistemas WIM, es necesario cumplir con normativas nacionales o internacionales que aseguren su precisión y confiabilidad. Esto incluye la realización de pruebas técnicas, calibraciones y la obtención de certificaciones que avalen su desempeño según los estándares establecidos.

El problema del WIM de oro

- Todo fabricante de WIM para alta velocidad quiere conseguir los mejores resultados posibles en las pruebas de homologación del modelo para promocionar el producto, pero los resultados son parciales
 - Pavimentos especiales y selección perfecta del sitio
 - Instalación perfecta, sensores adicionales
 - Ajuste final muy detallado y que requiere mucho tiempo
 - Vehículos patrones perfectos, etc.

Resultados

- El rendimiento de WIM en el sitio real es peor en comparación con la aprobación de modelo:
 - Se necesitan múltiples clases de precisión para adaptarse no sólo a los diferentes sistemas HS-WIM, sino también a las diferentes propiedades de los sitios WIM
 - El sistema HS-WIM con mejores resultados de aprobación de tipo no es necesariamente más preciso; las circunstancias de la prueba de aprobación de tipo son importantes



Sugerencias de Mejoras en el Reglamento

- Precisar aún más el tipo de sensores a utilizar, específicamente en relación con la clase de precisión
- Hacer mención explícita de los estándares internacionales
- Incluir una sección dedicada al manejo de variaciones térmicas
- Incluir rango de velocidades de medición más específico
- Las cargas máximas por eje y por vehículo completo deberían definirse con más detalle
- La incorporación de un proceso de certificación internacional basado en las normas internacional
- Ser más explícito sobre los procedimientos para realizar inspecciones periódicas
- En cuanto a los límites de exceso de peso, se adopten criterios más estrictos y escalonados
- Incluir un umbral de tolerancia por eje (alrededor del 10%) y un porcentaje de exceso de peso total similar a la norma internacional
- Expandir el enfoque en la seguridad vial, haciendo énfasis en la prevención de daños a la infraestructura vial y la protección de la seguridad de los usuarios de las vías genere un informe digital detallado al momento de una infracción, el cual debe incluir todos los datos relevantes
- Implementar registros electrónicos automáticos y sistemas de archivo digitalizado de infracciones
- Permitir la visualización en tiempo real de las mediciones
- Sugerir que la pantalla o interfaz gráfica del sistema sea clara, intuitiva y diseñada
- La implementación de alertas visuales (como luces de color) y sonoras
- Sugerir que el reglamento contemple la visualización de tendencias históricas
- Accesibilidad remota de los datos del sistema WIM, a través de una plataforma web o móvil
- Contemplar la visualización multicanal
- La visualización debe permitir que los operativos interactúen con los datos, realizando análisis y comparaciones en tiempo real

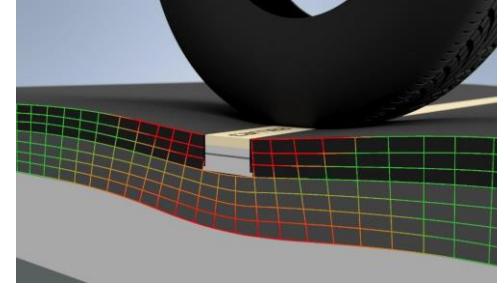
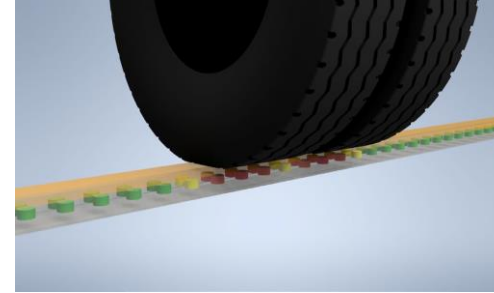
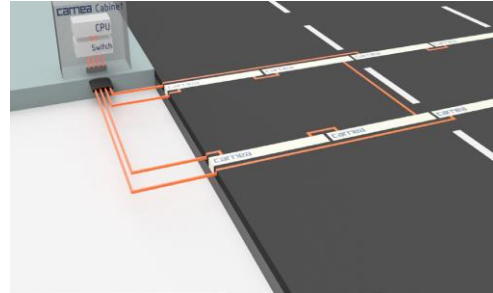
"El que no sabe lo que busca, no entiende lo que encuentra."

Confucio

Innovaciones en Sensores Digitales para WIM

*“Lo único que sabemos es que no sabemos nada.” —
Sócrates*

Los avances tecnológicos han llevado al desarrollo de sensores digitales más precisos y confiables para sistemas WIM. Estos sensores ofrecen mejoras en la exactitud de las mediciones, una mayor durabilidad y facilidades para la integración con sistemas de gestión de datos en tiempo real.



- Reconocimiento de vehículos integrado
- Puede reconocer la posición lateral y la estructura de las ruedas, medición de múltiples ruedas
- Medición de la huella de los neumáticos y de la presión en movimiento (PIM)
- Se pueden integrar sensores adicionales
- Avances en la validación (parámetros de la carretera, maniobras, etc.)
- Reducción del cableado, del tiempo de instalación y de la complejidad del sistema
- Menos intrusivo

“El futuro no es un lugar al que vamos, sino uno que estamos creando.” — John Schaar

- Mayor integración con ITS
 - Establecimiento de un Marco legal y Normativas claras y uniformes
 - Desafíos y Beneficios Medioambientales
 - Digitalización, IoT, Automatización total, Big Data, Análisis predictivo e IA.
 - Beneficios en Logística y Costos Viales
 - Mejora en la Infraestructura Vial
 - Educación y Concientización del Sector
 - Políticas de Incentivos
 - Beneficios en Seguridad Vial y Tiempos de Viaje
- Sostenibilidad y economía circular
 - Infraestructura multimodal
 - Mejor gestión y control
 - Profesionalización y capacitación técnica
 - Compromiso Compartido
 - Beneficios en Trabajo y Educación Técnica
 - Innovaciones Sostenibles en la Industria
 - Beneficios en Salud y Desarrollo Económico
 - Black swan



Conclusiones



Conclusiones

“Las conclusiones son el punto final del pensamiento, pero también el principio de la ignorancia.” — Jean-Paul Sartre

- Crear un **equipo con muchos años de experiencia** a nivel mundial en la implementación de la aplicación directa de medidas de control de vehículos sobrecargados mediante sistemas de pesaje en movimiento a alta velocidad (HS-WIM)
- Utilizar las normas relacionadas con la **OIML** y resolver la aparente contradicción en las exigencias para **Aprobación de Modelo** en la R276/24.
- **Generar ingresos** para el mantenimiento (el repago es en pocos meses)
- **Legislar** sobre la penalización directa de las infracciones al pesaje dinámico
- Mejorar los **niveles de calidad** de las carreteras
- **Revisar, analizar y mejorar** el contenido de las Resoluciones 276/24 y 492/22 y su reglamento SPEM
- **Flexibilizar** la importación y los trámites de certificación de los sistemas WIM e ITS
- **Legislar** un conjunto completo de procedimientos que incluyan todos los detalles, regulaciones, metrología, documentación, recolección, análisis y procesamiento de datos, back office, especificaciones técnicas, procesos, indicadores claves de performance, programas de capacitación, intercambio de datos entre reparticiones y/o sectores ad hoc.
- **Favorecer los convenios** de transferencia de tecnología y conocimientos sobre el tema.
- **Promover la participación** de empresas locales en el desarrollo y/u operación de los sistemas

Muchas Gracias por vuestra Atención!



Ing. Daniel G. Russomanno, MBA
russomannodaniel@gmail.com.ar