

# **SISTEMA DE INFORMACIÓN DE TRÁFICO VEHICULAR EN RUTAS**

## **Instituto Nacional de Tecnología Industrial**

Centro Regional Córdoba, Desarrollo en Electrónica e Informática

R. Muñoz, J. Amado, D. Puntillo, C. Caniglia, J. Jorge, L. Chalimond, C. Galanzino, G. Alessandrini

jamado@inti.gob.ar, rmunoz@inti.gob.ar

### **1. Introducción**

La presente publicación trata de un proyecto ya en curso que consiste en desarrollar el hardware y software de un sistema de información para la adquisición y análisis de datos de tráfico vehicular en rutas pavimentadas. El mismo se compone de varios subsistemas, entre ellos, el de adquisición de datos "in situ", el de transmisión inalámbrica y el de almacenamiento y procesamiento.

Mediante sensores instalados en ruta, se toman datos sobre los vehículos que atraviesan una determinada arteria (sin interrupción del flujo vehicular), se analizan y procesan los datos y se los envía en forma remota a una central para la elaboración de informes estadísticos.

Este tipo de tecnología será de gran importancia ya que permitirá caracterizar el flujo vehicular, permitiendo administrar y planificar el uso, mantenimiento y construcción de nuevas y mejores rutas, además de aportar herramientas para aumentar la seguridad en las mismas.

### **2. Situación-Problema u Oportunidad**

Las rutas pavimentadas, tanto provinciales como nacionales, están sufriendo un dramático deterioro debido al exceso de carga que se transporta sobre ellas, por lo que se necesita diseñar y establecer políticas de mantenimiento de las mismas. Para esto, se debe contar con una herramienta capaz de caracterizar el uso de las vías de comunicación, elemento que actualmente solo se puede conseguir a través de importación, y a un costo excesivamente elevado.

La información estadística del tráfico vehicular en las rutas del país resulta de fundamental importancia para los organismos estatales encargados del diseño, mantenimiento y supervisión de las mismas.

Datos tales como cantidad y tipo de vehículos, velocidad de circulación, peso por eje y peso total, son requeridos, por ejemplo, por las distintas vialidades (nacional y provincial) para el análisis del flujo

vehicular, diseño de planes de mantenimiento de rutas, estimación de vida útil de la carpeta asfáltica, etc.

Así mismo, organismos relacionados a la Seguridad Vial también requieren estos datos con el fin de establecer políticas de prevención de accidentes automovilísticos y establecer medidas para mejorar la seguridad vial.

Cabe destacar que el presente proyecto surgió por un interés especial de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Córdoba y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), y tiene como objetivo principal desarrollar un prototipo de Sistema Distribuido de sistema de información de tráfico vehicular en rutas capaz de clasificar y pesar vehículos sin interrupción del tráfico. Además de ser capaz de recolectar datos del tránsito de vehículos, debe procesarlos y enviarlos en forma remota a una estación de análisis estadístico, para la elaboración de informes y registros necesarios en el diseño y mantenimiento de las vías de comunicación. Todo esto, llevado a cabo sin afectar la normal circulación de los vehículos en los puestos de medición.

Actualmente existen algunos equipos capaces de recolectar esta información, pero todos ellos son de origen extranjero, y su costo es muy elevado.

El desarrollo de un prototipo con las características mencionadas, y la generación de conocimientos y recursos humanos en esta área, permitirá la fabricación de este tipo de equipos en el país, a un costo sensiblemente menor, posibilitando sustituir la importación de los mismos, y adaptarlos mejor a las necesidades particulares de los organismos argentinos encargados de la gestión de las vías de comunicación, tanto en el orden provincial como nacional.

### **3. Solución**

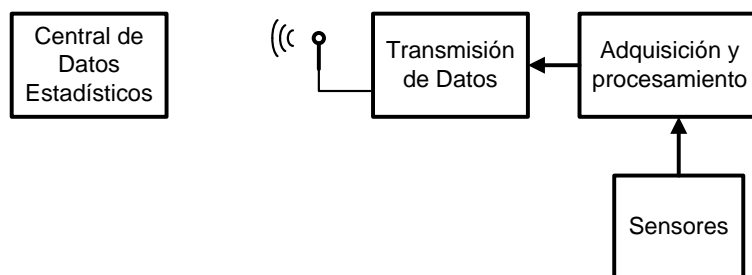
La ejecución del proyecto está íntegramente a cargo del INTI. No obstante se considera fundamental el aporte de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Córdoba en el desarrollo del proyecto, brindando colaboración al INTI y aportando recursos para la consecución de los objetivos, particularmente en las mediciones de campo, instalación y calibración del sitio de medición.

El proyecto que se propone consta de varias etapas: desarrollo de hardware y software de sistemas embebidos (codiseño hardware-software), desarrollo de software de PC, investigación en pesaje dinámico y comportamiento de los sensores, mediciones de campo y transferencia.

El sistema completo estaría conformado por una serie de puestos de medición que recogen los datos y los envían en forma inalámbrica a una estación central de procesamiento (arquitectura distribuida).

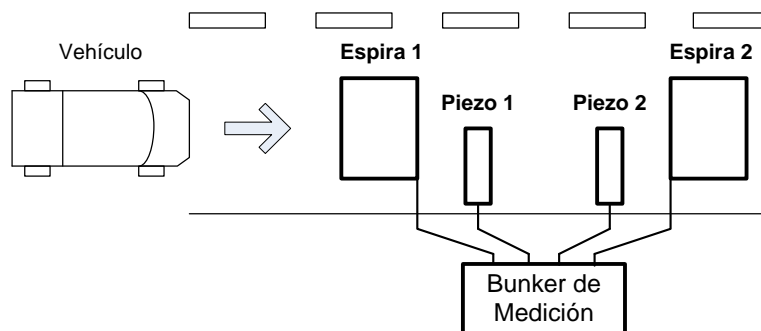
El sistema tendrá dos partes importantes un concentrador de datos (Central de Datos Estadísticos) y múltiples puestos de medición.

El equipamiento colocado en cada puesto de medición consta básicamente de los siguientes elementos: Sensores, placa de Acondicionamiento de Señal, placa de Adquisición, placa de Procesamiento, módulo de Transmisión de Datos. Los puestos se conectan con la central de Procesamiento de Datos Estadísticos mediante la red de telefonía celular y se vinculan entre si como se muestra en el siguiente diagrama en bloques.



*Ilustración 1: Diagrama en bloques del sistema*

Sensores: El sistema posee cuatro sensores: dos sensores de peso (piezoeléctricos) de mitad de carril y dos sensores (inductivos) de presencia, en un carril de la ruta.



*Ilustración 2: diagrama de instalación de componentes del equipo en el puesto de medición*

Este esquema de sensores debe replicarse para cada carril, al igual que el hardware para adaptar las señales. Sin embargo no es necesario duplicar el modulo de control y comunicaciones, basta con poseer uno en cada puesto de medición.

Adquisición y Procesamiento: Conjunto de varios subsistemas que está encargado de adquirir las señales de los sensores, acondicionarlas, digitalizarlas y generar información de peso, velocidad y clasificación en base a la entrada recibida desde los diferentes sensores.

Transmisión de Datos: Es una comunicación de telefonía móvil, por medio de un modem GPRS, que transmite datos través de internet a un dominio determinado.

Central de Datos Estadísticos: Es una aplicación de software que corre en cualquier computadora de escritorio para controlar, supervisar y recoger datos (server) del puesto de medición ubicado en la ruta (cliente).

En base a los datos recibidos, elabora informes estadísticos sobre el tráfico de vehículos en las rutas.

#### **4. Innovación e Inédito**

Se trata de desarrollar un sistema que sea capaz de caracterizar la utilización de las rutas del país, para aportar datos a las entidades de gobierno que les permitan mejorar el diseño, gestión y mantenimiento de las mismas.

Si bien algunas empresas venden sensores y equipos importados relacionados a este tipo de medición, no se conoce ningún proyecto similar, y hasta donde se ha relevado, no hay en el país ningún desarrollo de esta naturaleza, por lo que se considera un producto totalmente innovador en la industria argentina, y que implicará un punto de partida en un área poco explorada en el país.

Durante el desarrollo del presente proyecto, fue necesario investigar en profundidad, y con rigurosas mediciones de campo, el fenómeno del pesaje dinámico de vehículos, tanto en lo relacionado al sensor como al vehículo en sí. Se observó que la medición es afectada por diversos factores, tales como tipo y calidad de las suspensiones del vehículo, velocidad y sentido del viento, peso, temperatura, etc. Y además, que la sensibilidad del sensor afecta la respuesta del sistema, por lo cual deben preverse métodos de compensación.

Con el objeto de facilitar el proceso de calibración, se desarrolló un algoritmo de medición que contempla la sensibilidad del sensor.

El proyecto prevé además, desarrollar conocimientos y recursos humanos en un área novedosa en la industria argentina, como es el Pesaje Dinámico de Vehículos (Weight-in-Motion, WIM)

#### **5. Beneficiarios**

Los beneficiarios directos serán principalmente las vialidades nacionales y provinciales, es decir, los organismos públicos encargados de gestionar la utilización de las rutas en el país. Estas instituciones tendrán una herramienta poderosa para planificar y diseñar mejores rutas y conocer el estado de las mismas.

Además, se espera que el sistema aporte importantes mejoras en la seguridad vial, puesto que será capaz de obtener datos sobre velocidades medias promedios, excesos de carga, y por ende disminución de capacidad de frenado, y un conjunto de valores útiles en el diseño de políticas de seguridad en las rutas.

Por último, y no menos importante, se está creando un área de trabajo para pequeñas y medianas empresas. Ya que una vez se complete el desarrollo y la transferencia de la tecnología, las empresas podrán producir estos equipos para luego venderlos a los organismos pertinentes.

Se espera que, en forma similar a lo sucedido en el área de cinemómetros (equipos que miden la velocidad de los vehículos para la elaboración de multas, y en los cuales el INTI cuenta con amplia experiencia), se comiencen a implementar marcos regulatorios para la estandarización de este tipo de equipos. En tal caso, este proyecto sentará las bases del conocimiento necesario para poder enfrentar el desafío.

En resumen, se espera que el presente proyecto, que cuenta ya con un importante grado de avance, aporte mejoras y beneficios en muchos ámbitos de la sociedad, particularmente generando nuevas áreas de trabajo y mejoras de calidad y condiciones de las vías de comunicación, tanto en infraestructura como en seguridad.

## **6. Relevancia para el Interés Público**

El instituto nacional de tecnología industrial en su rol de ente encargado de la generación y transferencia de tecnología pretende, mediante este esfuerzo, acercar a la comunidad una tecnología hasta ahora poco utilizada y difundida en el país. Permitiendo esto evitar la concentración de la oferta en manos de empresas extranjeras y fomentar la industria local.

Con el conocimiento adquirido, el INTI podrá asesorar en la compra, licitación e instalación de este tipo de equipos, que en general son utilizados por instituciones estatales. Así como también verificar la calidad de los mismos.

Además a través de los canales de comunicación ya establecidos que posee la institución, se podrá acercar esta tecnología a los ciudadanos para que estén mejor informados.

## **7. Viabilidad Técnica, Financiera y Política Organizacional**

El proyecto se encuentra ya en su fase final y ha sido financiado en su mayor parte por el INTI (también con un aporte importante de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Córdoba). Esto

responde a políticas enmarcadas dentro del plan estratégico de la institución, donde algunos de los factores importantes son el servicio del estado al propio estado y la sustitución de importaciones. Dichos objetivos son cubiertos por el sistema que se propone, y además se cubre una necesidad detectada por el organismo hace ya bastante tiempo.

Por todo esto y con el fin de desarrollar un producto económico y que pueda ser integrado a otras soluciones, es que se decidió financiar el proyecto, con el fin de ser transferido a las industrias luego de su culminación.

Se subraya una vez más el importante aporte y apoyo de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Córdoba, que entre otras cosas, brindó los recursos necesarios para la instalación y calibración del sitio de medición, así como también los elementos necesarios para las mediciones de campo.

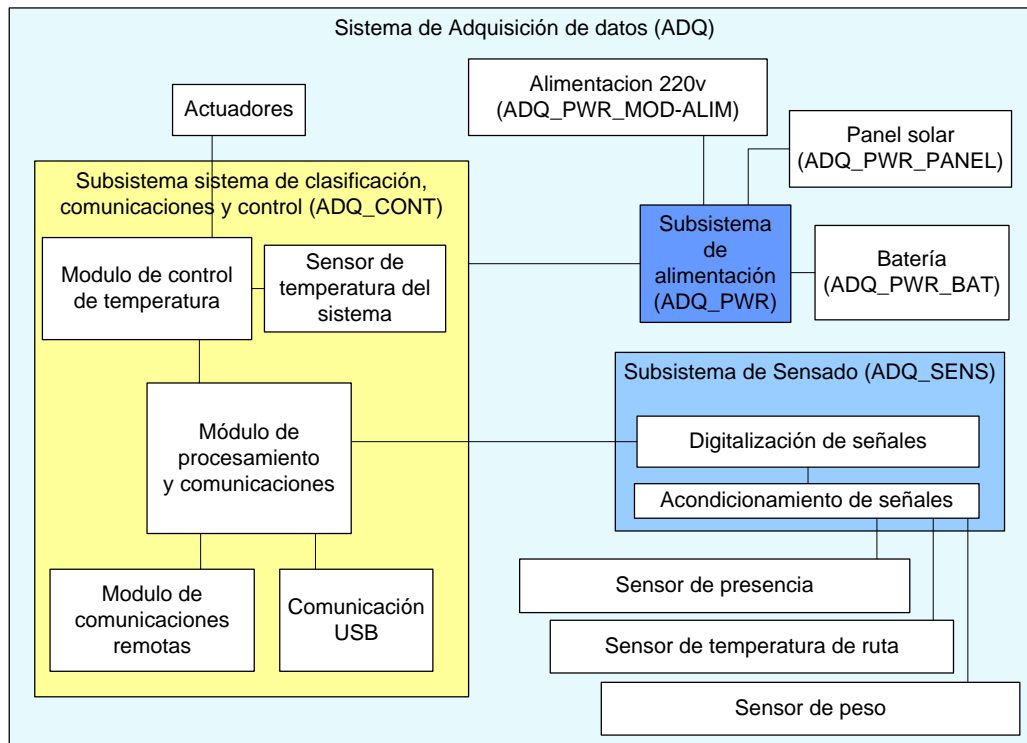
## **8. Facilidad de Reproducción**

El proyecto es fácilmente replicable y además económico. Cuenta con extensa documentación generada mediante un cuidadoso proceso de desarrollo que resultará vital a la hora de transferir esta tecnología.

Al culminar el desarrollo del sistema, se contará con toda la documentación técnica relacionada al mismo, incluso las listas de elementos y los procedimientos necesarios para la producción en serie de los equipos. Se prevé también una forma organizada y sistemática de transferencia.

## **9. Ambiente de Hardware y Software**

Como se mencionó anteriormente la arquitectura del sistema está definida por el diagrama en bloques de la Ilustración 1: Diagrama en bloques del sistema. A continuación se realizará una descripción lógica más detallada de cada subsistema y los módulos que los componen.



*Ilustración 3: Sistema de adquisición y procesamiento de datos*

**ADQ:** Sistema de adquisición de datos

El subsistema ADQ se encuentra en emplazado al costado de la ruta y se compone de los siguientes módulos

**ADQ\_SENS:** este módulo está compuesto de dos etapas, una de acondicionamiento de señal y luego otra de digitalización. La etapa de acondicionamiento de Señal procesa en forma analógica la señal proveniente de los sensores para adecuarla y poder así ser convertida al dominio digital.

La digitalización de las señales captura eventos, realiza la conversión analógica-digital (ADC), preprocesa las muestras corroborando que efectivamente se trata de un vehiculo y envía los datos a la placa de procesamiento.

**ADQ\_SENS\_SENSOR-PRESENCIA:** Sensores de presencia del dispositivo de sensado

**ADQ\_SENS\_SENSOR-PESO:** Sensores de peso del subsistema de de sensado.

**ADQ\_SENS\_SENSOR-TEMP:** Sensores de temperatura del subsistema de sensado.

**ADQ\_PWR:** Subsistema de energía del sistema de adquisición de datos.

El dispositivo o placa de sensado y adquisición de datos necesitan para su funcionamiento, de un módulo de alimentación que se lo denominará Sistema de Control de Energía. Dicho sistema puede recibir energía indistintamente, desde la red eléctrica, una batería o de un panel solar. Luego realiza una conversión de la tensión de entrada a las diferentes tensiones que necesita el sistema (DC-DC).

*ADQ\_PWR\_PANEL*: Panel solar del sistema de Alimentación

*ADQ\_PWR\_BAT*: Batería del sistema de Alimentación

*ADQ\_PWR\_MOD-ALIM*: Módulo de Alimentación Externo del Sistema de Alimentación

*ADQ\_CONTROL*: Subsistema de clasificación control y comunicaciones.

Este subsistema es encargado de determinar el peso, clasificación, velocidad y demás datos a partir de lo sensado. Además de ello almacena localmente toda la información generada y posee la capacidad de transmitirla mediante la red de telefonía celular a cualquier servidor que este en línea.

*ADQ\_CONTROL\_COM*: Sistema de comunicaciones GPRS del sistema de control.

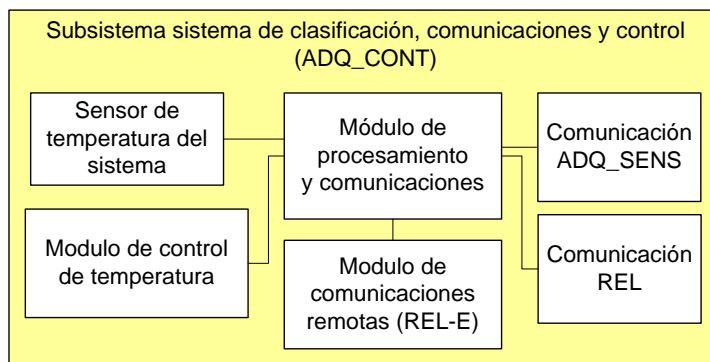
*ADQ\_CONTROL\_TEMP*: Sistema de control de temperatura del sistema de adquisición de datos

*Descripción detallada de módulos más complejos*

*ADQ\_CONT*: Sistema de control y comunicaciones del disp. de adquisición de datos.

Como su nombre lo indica este sistema estará a cargo de dos tareas principales. Por un lado el control y coordinación de los sistemas de sensado. Y por otra parte está encargado de transmitir los datos almacenados a los relevadores.

Como tarea secundaria, realizara el control de temperatura en caso de ser requerido por el lugar de emplazamiento.



*Ilustración 4: Subsistema de control y comunicaciones*

*Módulo de procesamiento y comunicaciones*

Este módulo estará encargado de gestionar las comunicaciones con los demás módulos y creación de procesos.

Cada módulo creará mensajes con un destino, los que serán diseccionados por el módulo de comunicaciones.



Por ejemplo, se podría solicitar desde la interfaz USB que se transmita hacia ella todo lo recibido por el canal SPI, o que lo recibido por el canal SPI se envíe al módulo de clasificación y simultáneamente a la interfaz USB.

Algo que es importante de destacar es que los mensajes del SPI con información sobre vehículos deben poder ser canalizados directamente al módulo de clasificación para evitar la sobrecarga en el uso mas frecuente.

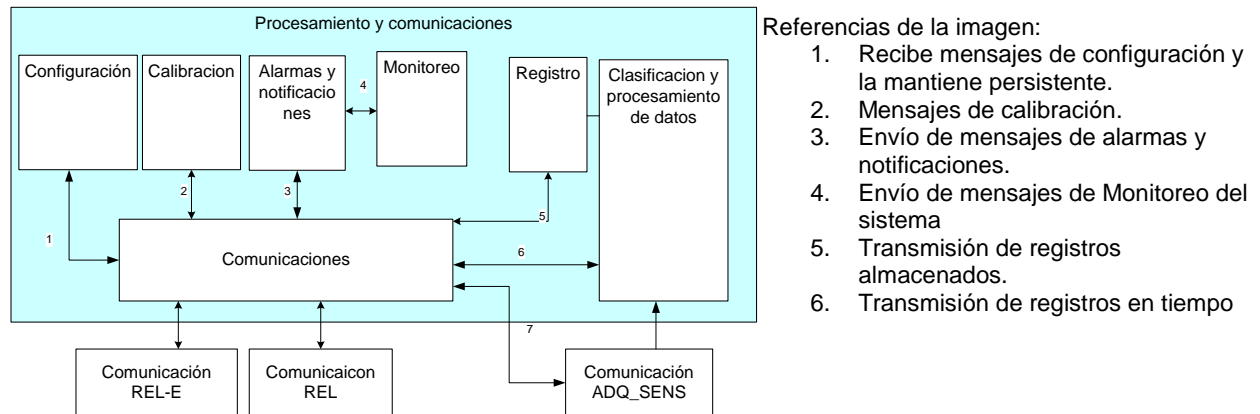


Ilustración 5: Módulo de procesamiento y comunicaciones del ADQ\_CON

REL-E: Sistema de relevamiento estadístico.

GUI de procesamiento de datos y estadísticas: Brindará acceso a los datos de un tramo de ruta, permitiendo visualizarlos y generar informes estadísticos, actuará como fachada del sistema de estadísticas y el de procesamiento. Además mostrará los datos enviados en tiempo real desde el dispositivo al que esté conectado.

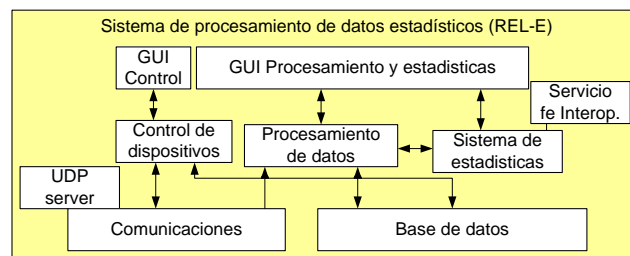


Ilustración 6: Sistema de relevamiento y análisis estadístico de datos

GUI de control: mostrará los datos del dispositivo y permitirá modificarlos para luego transferirlos. Esto incluye la calibración de los dispositivos, mostrar las notificaciones recibidas de los dispositivos a los que este conectado y mostrar el estado del dispositivo.

Sistema de estadísticas: Este accederá a los datos del tramo de ruta a través del módulo de

procesamiento y permitirá generar información estadística.

Utilizara el patrón comando para enviar operaciones a realizar a los distintos objetos que implementen los cálculos.

*Módulo de comunicaciones:* El módulo de comunicaciones es el módulo que proveerá una capa de abstracción del medio de comunicación, actuando como intermediario entre la interfaz de comunicación y el sistema.

En módulo utilizará una conexión USB o UDP para poder conectarse a los dispositivos ya sea de manera local o remota. Aquí se utilizara el patrón comando para enviar los mensajes entre los módulos y la interfaz correspondiente de comunicación. Además una vez conectado a algún dispositivo estará esperando por datos entrantes de forma asincrónica.

*Módulo de control:* contendrá los datos del dispositivo y permitirá modificarlos a través de la GUI y transferirlos al dispositivo real así como leer los datos del mismo a través del módulo de comunicaciones. Este módulo al igual que el de control de dispositivos implementaran un patrón FACADE que a su vez contenga un "chain of responsibility" para recibir los posibles comandos que lleguen del canal de comunicaciones.

*Módulo de procesamiento de datos:* El módulo de procesamiento de datos permitirá extraer la información útil solicitada por el usuario sobre los datos recolectados. Y será enviada a la GUI para ser mostrada.

### **Proveedores**

<i>Componente</i>	<i>Proveedores</i>
ADQ_CONT Pc mini itx	A definir
ADQ_SENS Paca de sarrollada en el proyecto	INTI
ADQ_SENS_SENSOR-PRESENCIA Sensor de loop inductivo	Exemis,
ADQ_SENS_SENSOR-PESO Sensor piezo eléctrico de pesaje dinamico	Measurement Specialties
ADQ_SENS_SENSOR-TEMP. Sensor comercial de temperatura	A definir
ADQ_PWR Placa desarrollada en el proyecto	INTI
ADQ_PWR_PANEL Panel solar del sistema de Alimentación	A definir
ADQ_PWR_BAT: Batería del sistema de Alimentación	A definir
ADQ_PWR_MOD-ALIM Fuente switching de 220 a 12v 3A	A definir
ADQ_CONTROL_COM Modem gprs	enfora

## 10. Estado del proyecto

Se logró implementar un puesto experimental de medición, incluyendo la instalación de los sensores y el bunker de medición, tal como se observa en las fotografías que siguen. Esto fue realizado con el aporte y colaboración de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Córdoba.



Ilustración 7: instalación de sensores



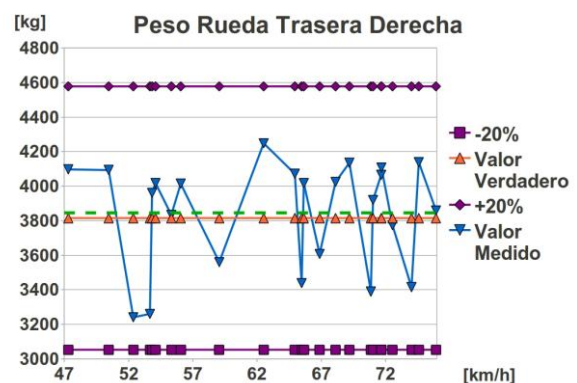
Ilustración 8: bunker del puesto de medición

Se logró un prototipo experimental con las funcionalidades básicas para detección de eventos, medición de velocidad, clasificación de vehículos, pesaje de ruedas, pesaje de ejes, pesaje de vehículos y transmisión de datos.

Las mediciones realizadas hasta el momento, muestran errores menores a los establecidos normalmente para este tipo de equipos (Tipo I, ASTM E 1318-09) para el 95 % de las mediciones, con lo cual se ha superado el requerimiento de error por rueda establecido al inicio del proyecto.

En la gráfica Peso-Velocidad que se muestra a continuación, se observa el resultado de una medición de campo donde se pesa la Rueda Trasera Derecha de un camión con peso conocido (camión patrón), a distintas velocidades, a una temperatura determinada.

Las líneas color Magenta (rombos y cuadrados) superior e inferior, indican los límites de error de  $\pm 20\%$ , establecidos para esta clase de equipos. La línea color Naranja (triángulos) es el Valor Verdadero. La línea Azul (triángulos invertidos) es la gráfica del conjunto de Valores Medidos y la Línea de Trazos color Verde es el Valor Medio de los mismos.



Se observa que el máximo error es de 15%, menor al 20% indicado en la norma.

### Líneas de Trabajo actuales

La investigación del pesaje dinámico muestra que el fenómeno es altamente dependiente de la temperatura y el peso mismo del vehículo, por lo que se está trabajando en implementar subsistemas para su compensación.

Esto requiere muchas mediciones experimentales, con el objeto de establecer las leyes de variación y desarrollar los algoritmos de corrección.

Se deben desarrollar las placas finales para la confección de un prototipo que pueda ser transferido a Vialidad de la Provincia de Córdoba, de forma que pueda ser probado exhaustivamente en condiciones reales de funcionamiento, y de allí recabar datos que permitan ajustar las características del sistema a las necesidades de los usuarios.

También se está trabajando en los algoritmos de cálculos estadísticos para la elaboración de informes.

### Mejoras

Se plantean como futuras mejoras:

- Adecuar el sistema para que funcione con Energía Solar.
- Implementar el sistema de procesamiento en GNU/Linux.
- Utilizar sensores de carril completo.
- Aumentar la capacidad de procesamiento de la placa de adquisición.
- Sistema automático de ajuste y compensación.