

# **ESTUDIO PARA DETERMINAR LA DOSIFICACIÓN MÁS EFICIENTE DE FUNDENTE EN LOS TRATAMIENTOS PREVENTIVOS DE VIALIDAD INVERNAL CON LA FINALIDAD DE ESTABLECER UN NUEVO PROTOCOLO NACIONAL DE VIALIDAD INVERNAL.**

**JAIME JULIO LOPEZ-CUERVO ABAD**

Subdirección General de Conservación, Ministerio de Fomento, España

[jlopez-cuervo@fomento.es](mailto:jlopez-cuervo@fomento.es)

**JOSE IGNACIO CUÑADO ARROYO & VICENTE VILANOVA MARTÍNEZ-FALERO**

Demarcación de Carreteras del Estado en Madrid, Ministerio de Fomento, España

[jcunado@fomento.es](mailto:jcunado@fomento.es) & [vvilanova@fomento.es](mailto:vvilanova@fomento.es)

**ANTONIO J. TOCINO DE LA IGLESIA & F. JAVIER DORADO JURADO**

Ferrovial empresa constructora

[atocino@ferrovial.com](mailto:atocino@ferrovial.com) & [fjavier.dorado@ferrovial.es](mailto:fjavier.dorado@ferrovial.es)

## **RESUMEN**

En la actualidad, los protocolos que utilizan en los tratamientos de los episodios de vialidad invernal, presentan una importante rigidez ya que no tienen en cuenta la evolución de las condiciones atmosféricas que se produce con el paso del tiempo. Así por ejemplo es normal realizar dos tratamientos preventivos diarios (vespertino y matutino), siempre que la temperatura baje de los 2°C, y sin tener en cuenta el tipo de fundente empleado, ni las condiciones meteorológicas, tales como el viento, la lluvia ni el tráfico. Ello comporta en muchos casos tratamientos muy repetitivos cuya consecuencia es un importante consumo de fundentes con el consiguiente gasto y la posible contaminación producida.

El objeto de la presentación, es exponer la metodología y los resultados iniciales obtenidos del estudio que se está realizando en el comportamiento y efectividad de los fundentes empleados en los tratamientos preventivos de vialidad invernal en la red de carreteras del Estado Español, con la finalidad de determinar la eficacia de los tratamientos realizados en relación con las situaciones atmosféricas realmente acaecidas y poder determinar cuál es la mejor estrategia (la más eficiente) ante la previsión del desarrollo de un episodio de vialidad invernal (ya sea hielo o nieve). La eficacia de los tratamientos se determina midiendo el valor del CRT (coeficiente de rozamiento transversal) de forma continua, la sal residual y los datos climatológicos antes y después de los tratamientos.

El objetivo final del estudio es establecer un nuevo protocolo de actuaciones de vialidad invernal a nivel nacional, más adaptado a las condiciones meteorológicas reales que se produzcan, permitiendo conseguir la máxima eficiencia en el empleo de fundentes y asegurando sobretodo que la calzada mantiene las condiciones idóneas de seguridad para la circulación.

## **ABSTRACT**

Currently the protocols used for winter maintenance treatments present an important inflexibility as they do not take into the evolution for weather conditions due to passing of time. For example two preventive treatments are usually performed daily (evening and morning) always when the temperature is lower than 2°C and without taking into account the kind of de-icing material used, or weather conditions, such as wind, rain or traffic. For that reason in many cases treatments are very repetitive whose consequence is an important consumption of de-icing materials resulting in an increased consumption and possible environmental harm done.

The purpose of this presentation is to share the methodology and initial results obtained from study which is being performed about behavior and effectiveness of de-icing materials used in the preventive treatments for winter maintenance on the Spanish road network, having a purpose of determining if the efficacy of treatments done regarding real weather conditions so that the best strategy (more efficient) can be determined in presence of the forecast of an event of winter maintenance (snow or ice). Efficacy determined by measuring the value of CRT continuously, residual salt and climatic data before and after treatments.

The final aim of the study is to fix a new protocol for winter maintenance actions at national level, more adapted to the real weather conditions which occur, leading to get the highest efficiency in the de-icing usage and ensuring above everything that the road keeps suitable safety conditions for circulation.

## **PROCEDIMIENTOS Y ENSAYOS PARA DETERMINAR LA DOSIFICACION DE FUNDENTES MÁS EFICIENTE EN TRATAMIENTOS PREVENTIVOS DE VIALIDAD INVERNAL EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO ESPAÑOL Y ESTABLECER UN NUEVO PROTOCOLO NACIONAL PARA LAS ACTUACIONES DE VIALIDAD INVERNAL**

Las estrategias y tratamientos empleados en las operaciones de Vialidad Invernal en España han evolucionado en los últimos años, se ha conseguido una gran efectividad en los tratamientos preventivos de vialidad invernal y se han aumentado considerablemente los medios destinados a tal fin. Sin embargo se observa todavía una falta de tecnificación en las actuaciones que provoca un consumo excesivo de fundentes.

A fin de mejorar las actuaciones en este campo, en primavera de 2010, la Demarcación de Carreteras del Estado en Madrid, del Ministerio de Fomento, inicia un proyecto de investigación con la finalidad de analizar todos los factores intervinientes en los tratamientos de vialidad invernal para poder determinar cuál es la estrategia más eficiente y también perfeccionar las técnicas empleadas en la actualidad.

Los objetivos inmediatos del presente proyecto son:

- Mejorar la eficacia de los tratamientos empleados.
- Ensayar técnicas nuevas que puedan aportar avances.
- Ampliar conocimientos sobre los tratamientos empleados y analizar los resultados obtenidos.
- Difusión de los resultados obtenidos.

Para la realización del mismo se seleccionaron los siguientes fundentes:

- NaCl sólido.
- NaCl prehumidificado con salmuera de NaCl al 23%.
- Salmuera de NaCl al 23%.

Con los datos obtenidos en los ensayos y su evaluación conjunta con las condiciones meteorológicas, el tráfico y otros factores, se intentaría establecer un nuevo protocolo de actuaciones a nivel nacional basado en:

- Tipo de camión
- Tipo de fundente
- Tipo de carretera
- Condiciones meteorológicas previstas
- Condiciones meteorológicas realmente acaecidas
- CRT mínimo objetivo

Con el protocolo se determinaría:

- Dosificaciones a emplear y tipo de fundente más idóneo.
- Momentos más adecuados para los tratamientos.

## 1. ENSAYOS CONTEMPLADOS EN EL ESTUDIO

El estudio contempla una serie de ensayos, tanto de laboratorio como en el terreno para analizar todos los factores intervinientes. Los ensayos realizados pueden clasificarse de la siguiente forma:

- Ensayos de fundentes y sus propiedades (en este caso nos hemos centrado en el ClNa y sus variedades de presentación posibles)
- Ensayos físicos de extendido de fundentes con diferente maquinaria
- Ensayos de efectividad del tratamiento efectuado:
  - Sal residual en el pavimento
  - Medición del CRT del pavimento

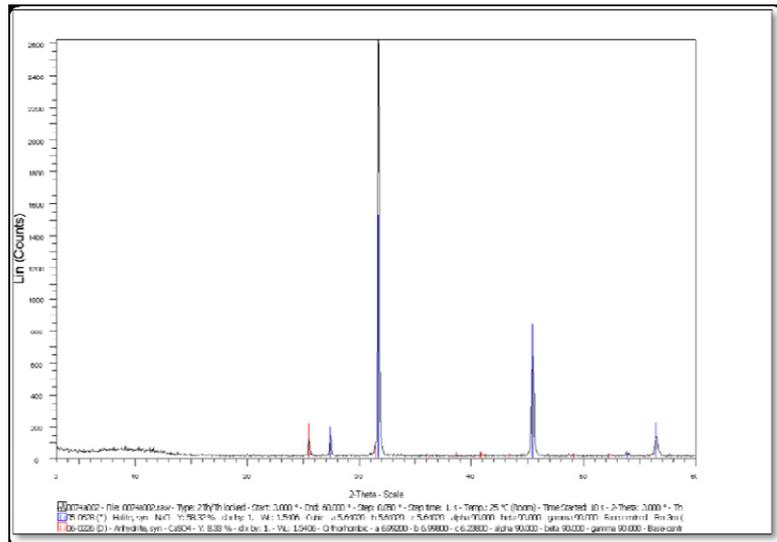
Al mismo tiempo se registran todos los parámetros meteorológicos con ayuda de varias estaciones meteorológicas instaladas en el tramo de prueba y se registra el tráfico circulante.

### 1.1. COMPORTAMIENTO CRIOSCÓPICO DEL CLORURO SÓDICO (NaCl) EN SUS DIFERENTES PRESENTACIONES

La elaboración de los ensayos de laboratorio con los fundentes, fue ejecutado por el Instituto de Cerámica de Galicia (ICG), el cual fue fundado en 1990 por un Convenio entre la Universidad de Santiago de Compostela y la Asociación para el Fomento de la Investigación Cerámica en Galicia (AFICEGA).

Este estudio tuvo por objeto evaluar la capacidad de los fundentes en el deshielo forzado de carreteras, utilizando para ello su capacidad para producir descensos crioscópicos.

El primer paso que se realizó fue caracterizar el producto base (Cloruro sódico) el cual resultó que está constituido en su 95% por la sal NaCl, pero contiene un 5% de sulfato cálcico.



*Difractograma de Rayos X de la muestra de NaCl.  
Además de NaCl se detectan trazas CaSO4.*

Para la realización del estudio se han seleccionado tres tipos de ensayo:

a) **Determinación del punto de congelación por Análisis Térmico:** El procedimiento consiste en someter un cierto volumen de la disolución o salmuera a ensayar a un proceso de congelación o descongelación a lo largo de un cierto período de tiempo, anotando las distintas temperaturas de la muestra, y en su caso los cambios energéticos ligados a dichos procesos. Un volumen de muestra a temperatura ambiente se introduce en el crisol del equipo de análisis (Analizador Stanton Redcroft, con accesorio de bajas temperaturas), y se enfría a una velocidad controlada de 1°C/minuto, registrando la temperatura en el interior de la muestra. Se representa la temperatura de la muestra frente al tiempo, obteniendo así las llamadas “Curvas de Congelación”.

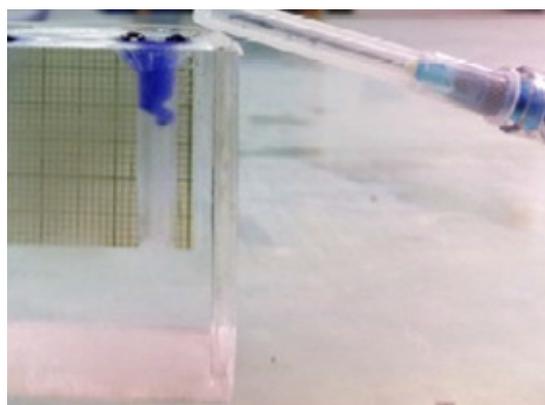
Alternativamente, puede procederse de forma inversa, enfriando la muestra a una temperatura de -70°C, y elevando su temperatura a velocidad controlada. Se registra la temperatura de la muestra frente al tiempo del ensayo, obteniendo así las “Curvas de Descongelación”.

b) **Ensayo de fusión de hielo:** Se basa en el Ice Melting Test (SHRP H-205.1 y H-205.2) modificado. En esencia, el ensayo consiste en colocar una cantidad conocida de agua destilada en un contenedor de plexiglás o metacrilato cilíndrico, con unos 25 cm de diámetro y 10 cm de altura. El contenedor se congela en un congelador a la temperatura deseada para el ensayo, en nuestro caso a -10°C. Se añade una cantidad conocida de salmuera o sal sólida sobre el hielo, y se mide el agua deshelada a intervalos de tiempo establecidos. En nuestro caso hemos utilizado para salmuera, mezcla o sal sólida. Una vez congelados a -10°C y añadido el agente deshelante, se retira del congelador un contenedor cada 15 minutos, midiendo el agua deshelada. Los resultados se registran en graficas de % de agua deshelada frente al tiempo. En todos los casos se añade una cantidad de salmuera que corresponde al 10% del agua congelada inicialmente en el contenedor. En el caso de las sales sólidas se añade como deshelante una cantidad de sal similar a la contenida en la salmuera utilizada para los ensayos de líquidos.

Condiciones del ensayo de fusión de hielo:

Hielo inicial en el contenedor	250 gramos
Cantidad de salmuera	10% (25 gramos)
Cantidad de sólido añadido	67.5 gramos de sal
Temperatura del ensayo	-10°C
Precisión de la medida	±0.25 cc

c) **Ensayo de penetración:** Se basa en el Ice Penetration Test (SHRP H-205.3 y H-205.4). En esencia se trata de medir la penetración que un cristal de sal sólida o una gota de salmuera producen en una capa de hielo, a una temperatura determinada, en nuestro caso -10°C. Para ello se utiliza una pieza de plexiglás o metacrilato, con perforaciones verticales de 4mm de diámetro y 50mm de profundidad, avellanadas en su boca. Dichas perforaciones se llenan de agua destilada, y se congela el montaje. Una vez congelada el agua, se nivela su superficie superior, y sobre ella se coloca una microgota de tinta. El sistema se congela de nuevo a -10°C. Finalmente sobre esa superficie se coloca un cristal de la sal a ensayar de 25 a 30 mg, o una microgota de salmuera de 30µl. Se introduce de nuevo el montaje en el congelador, y se mide la penetración a tiempos predeterminados. Los resultados se expresan como profundidad de penetración frente al tiempo.



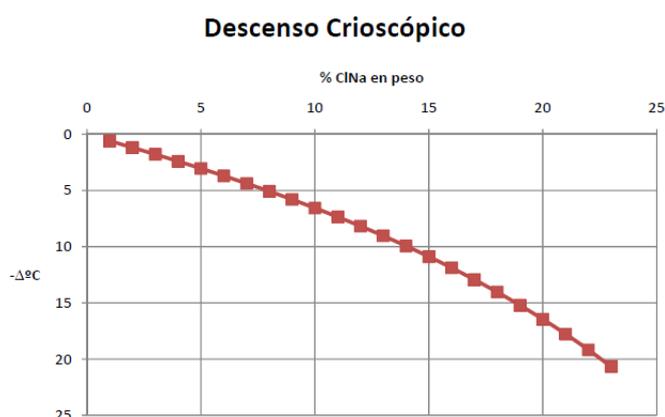
Test de Penetración. Salmuera NaCl

### 1.1.1. Resultados

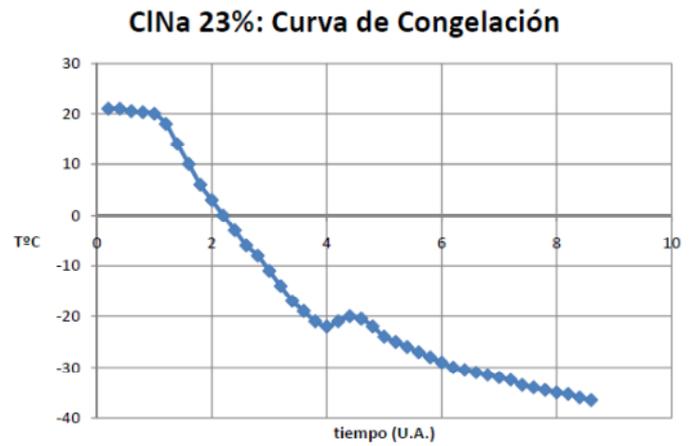
#### Análisis Térmico

Se ha comenzado por calcular teóricamente el descenso crioscópico producido por cantidades crecientes de NaCl, con el objetivo de aproximar la temperatura de congelación de las salmueras.

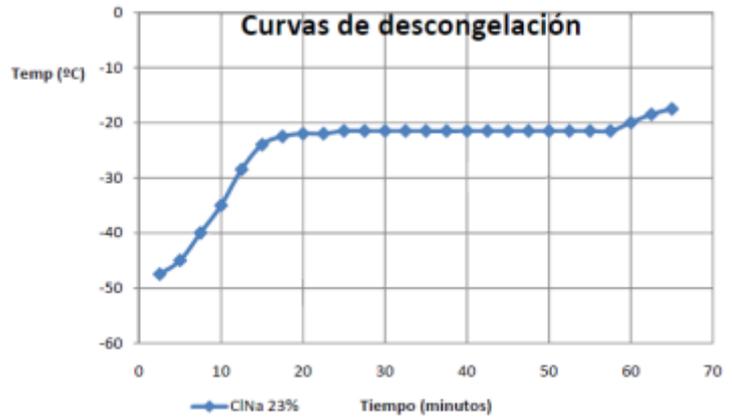
Estos datos se muestran en la curva representada, en donde puede observarse una temperatura de congelación de alrededor de -20.7°C para la salmuera de 23% de NaCl.



Las curvas experimentales obtenidas con la salmuera de NaCl se presentan en la siguiente figura. En este caso se ve claramente un descenso de la temperatura de la muestra, hasta la temperatura de congelación, con un ligero subenfriamiento. Se obtiene para la salmuera de NaCl una temperatura de congelación de  $-20,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Tal como se observa en la figura de la curva de descongelación de la salmuera de 23% de cloruro sódico presenta una clara meseta a  $-21^{\circ}\text{C}$ , que corresponde a su temperatura de fusión.



### Ensayos de fusión de hielo.

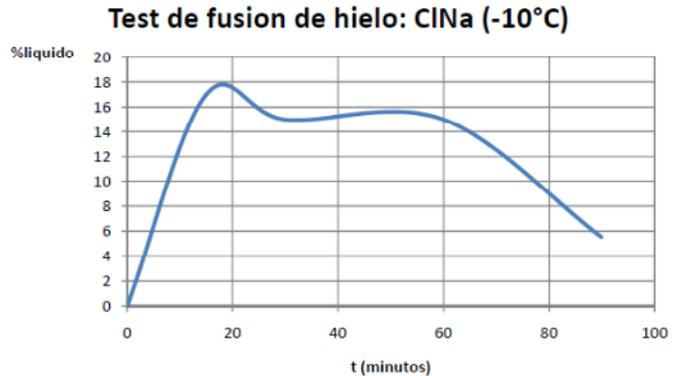
Los resultados obtenidos en los distintos ensayos se presentan en la tabla y en las figuras, que se revisaran a continuación. Los valores numéricos de la tabla, que se representa en las gráficas corresponden a porcentajes. Así, por ejemplo, al comportamiento de la salmuera de NaCl, el valor 10, que figura a tiempo 0 en el ensayo, indica que se añade al hielo un 10% de su masa de salmuera. Este valor se convierte en 11,5 a los 15 minutos, lo que indica que a ese tiempo se ha fundido un 1.5% masa, y así sucesivamente.

Se ha comprobado que en los ensayos con sales sólidas humedecidas es irrelevante la naturaleza del líquido utilizado para la humectación, probablemente debido a su muy pequeña proporción en relación con la masa de la sal sólida:

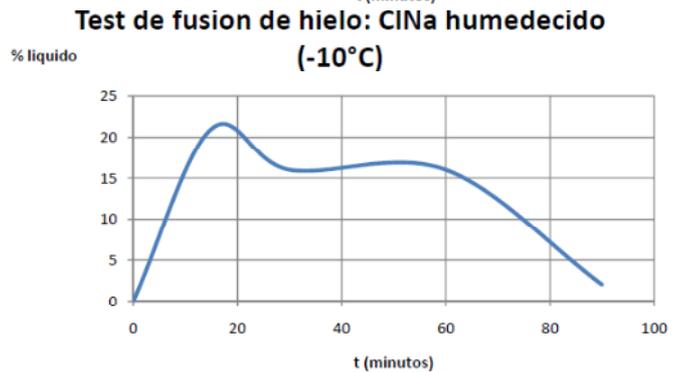
### Ensayos de fusión de hielo

Tiempo (min)	NaCl	NaCl humedecido	Salmuera NaCl 23%
0	0	0	10
15	17	21	11.5
30	15	16	11
60	15	16	8
90	5.5	2	5

- *NaCl sólido*: Buen resultado, con una capacidad de fusión del 17% de la masa de hielo en el primer cuarto de hora, aunque hacia el final del ensayo se produce la congelación de la salmuera.



- *NaCl humedecido*: se consigue fundir un 21% de la masa del hielo en los primeros minutos de operación. A tiempos largos este líquido tiende a congelarse.



- *Salmuera de NaCl*: El máximo de fusión se produce en el primer cuarto de hora del ensayo (1.5% de la masa del hielo), disminuyendo la cantidad de líquido por congelación en tiempos sucesivos.



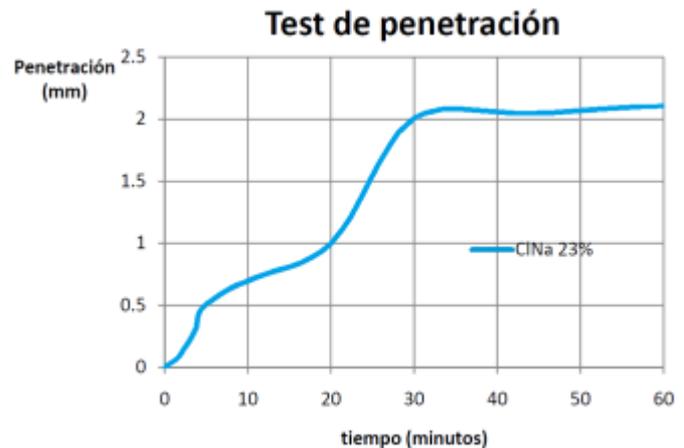
## Ensayos de penetración.

- *NaCl sólido*: Los ensayos de penetración realizados con sales sólidas (26-28 mg), presentan mejores resultados. Así, por ejemplo, en el caso del cloruro sódico sólido, alcanzan penetraciones de 4 mm a los 20 minutos del ensayo, y llegando a 7.3 mm en una hora.



- *NaCl prehumedecido*: Los ensayos de penetración realizados con sales sólidas prehumedecidas presentan resultados totalmente similares a los descritos para las sales sólidas en el apartado anterior.

- *Salmuera de NaCl*: Se ha ensayado la penetración de la salmuera de cloruro sódico, a  $-10^{\circ}\text{C}$ . En todos los casos se utiliza una gota de salmuera de  $30\mu\text{l}$ , consiguiéndose resultados de penetraciones proporcionales al tiempo del ensayo, y que alcanzan 2 milímetros al cabo de una hora. Puede establecerse por lo tanto que el uso de salmueras líquidas es poco efectivo en términos de penetración.



## 1.2. ENSAYO FÍSICO DEL EXTENDIDO

Cantidad total de fundente esparcido y su distribución de esparcido en la superficie de la calzada sobre la que se aplica, cuya finalidad es:

- Comprobar que la dosificación teórica registrada en el extendedor es igual a la cantidad real de fundente vertido.
- Conocer dosificaciones reales extendidas.
- Conocer los patrones de extendidos reales.
- Conocer la tolerancia que tienen las distintas máquinas.

Con la ejecución de estos ensayos se pretendió conocer las dosificaciones reales que se extiende, es decir, saber cuántos gramos reales por metro cuadrado se extienden para alcanzar los mínimos en todo el ancho de la carretera, y así verificar con las dotaciones recogidas en los planes de vialidad invernal. Tras calcular la dotación real recogida, se ajustará la dotación real del equipo con la teórica introducida. Así mismo, se podrá conocer la tolerancia que tienen las distintas máquinas, realizando suficientes mediciones como para conocer qué variaciones reales hay entre cada prueba manteniendo la misma dotación teórica.

### 1.2.1. Resultados

#### 1.2.1.1. Equipos de fundente sólido y humidificado

Prueba en parado:

Para la calibración de los equipos, la metodología realizada fue la siguiente: inicialmente en el mando de control de los esparcidores, se introdujeron los valores recomendados por el fabricante y se puso en funcionamiento el equipo, recogiendo la cantidad de fundente esparcido. Transcurrido el tiempo recomendado por el fabricante (90 segundos), se pesó la muestra recogida para calcular la dosificación real de la prueba.

Si la dosificación calculada no coincidía con la teórica, se introducía el valor obtenido en el mando del equipo, en cuanto a kilogramos de la muestra. Esto hace que automáticamente el sistema se reconfigure obteniendo unos nuevos parámetros de funcionamiento.

Este proceso se repetía hasta conseguir el valor más aproximado en cuanto a la dotación deseada.

Prueba en parado con variación de ancho de extendido:

Tras realizar la calibración del equipo, se realizó una variación del parámetro de ancho inicial, pesando de 5 m. a 4,5 m. Con esto se comprobó que la dotación nueva registrada variaba en cuanto a la teórica, siendo en todo caso inferior al 1%.

Prueba en movimiento:

Por último se realizó una prueba del cálculo de la cantidad de sal esparcida con el vehículo en movimiento con la velocidad recomendada por el fabricante de 30 km/h. Tras

recoger los datos obtenidos se comprobó que el error superaba el 2%, achacándose ello a la dificultad de mantener durante el tiempo definido, la velocidad constante recomendada.

DATOS INICIALES SIMULADOS PARA LA PRUEBA							RESULTADOS OBTENIDOS			
Nº	PARÁMETROS INICIALES			TIEMPO	SUPERF	PESO	PESO		DOTACIÓN	
PRUEBA	DOTACIÓN	ANCHO	VELOCIDAD	(min)	(m <sup>2</sup> )	TEÓRICO	REAL	%	REAL	%
	(gr/m <sup>2</sup> )	(m)	(Km/h)			(kg)	(kg)	ERROR	(gr/m <sup>2</sup> )	ERROR
<b>Vehículo Nº1</b>										
<b>Prueba en parado:</b>										
1	15	5	30	1,5	3750	56,25	55,5	1,33%	14,8	-1,35%
2	15	5	30	1,5	3750	56,25	58,6	-4,18%	15,63	4,01%
3	15	5	30	1,5	3750	56,25	56,2	0,09%	14,99	-0,09%
<b>Prueba en parado con variación de ancho de extendido:</b>										
4	15	4,5	30	1,5	3375	50,63	51	-0,73%	15,11	0,74%
<b>Prueba en movimiento:</b>										
5	15	5	30	1,5	3750	56,25	57,5	-2,22%	15,33	2,17%
<b>Vehículo Nº2</b>										
<b>Prueba en parado:</b>										
1	15	5	30	1,5	3750	56,25	54,9	2,40%	14,64	-2,46%
2	15	5	30	1,5	3750	56,25	56,7	-0,80%	15,12	0,79%
3	15	5	30	1,5	3750	56,25	56,2	0,09%	14,99	-0,09%
<b>Prueba en parado con variación de ancho de extendido:</b>										
4	15	4,5	30	1,5	3375	50,63	51,1	-0,93%	15,14	0,93%
<b>Prueba en movimiento:</b>										
5	15	5	30	1,5	3375	56,25	57,6	-2,40%	15,36	2,34%

### Prueba de distribución del fundente

El principal objetivo de esta prueba fue conocer la distribución real de fundente que extendemos, con el fin de obtener una distribución homogénea del esparcido de fundente en una superficie delimitada.

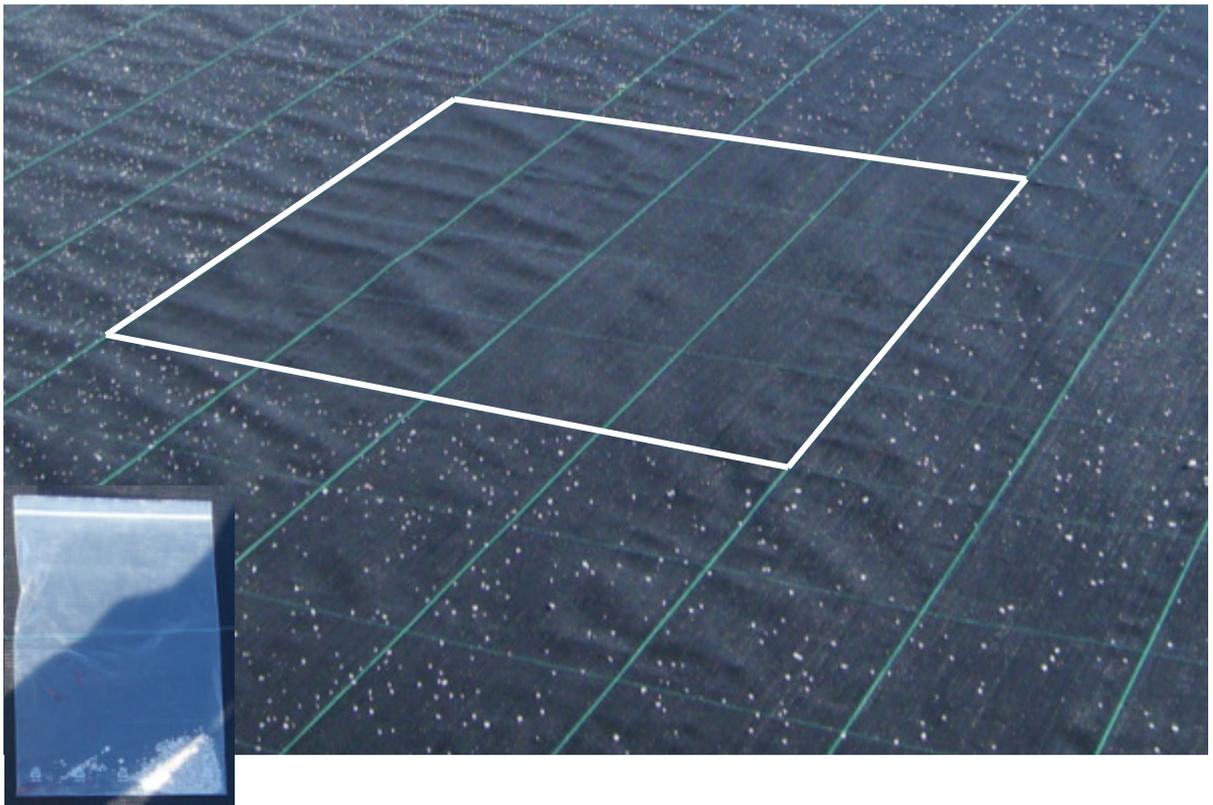
Para ello se extendió el fundente sobre una lámina de fibra sintética fijada al firme comprobando la ausencia de humedad y otros restos que puedan contaminar las muestras. Tras el extendido, se eligieron un número de puntos cuya distribución también se detalló. En dichos puntos se colocó un marco de superficie de 1 m<sup>2</sup> del cual se recogió el fundente existente. Estos gramos se almacenaron en bolsas estancas debidamente etiquetadas y se pesaron para el cálculo de dosificación.



Geotextil sin fundentes



Distribución del fundente



### 1.2.1.2. Equipos de fundente líquido

Debido a la complejidad del sistema, la ejecución del calibrado de los esparcidores de fundente líquido y la dificultada para recoger el fundente líquido de salmuera, esta calibración fue realizada por personal técnico oficial del fabricante, los cuales certificaron una puesta a punto y calibrado de los equipos según los parámetros establecidos para el material fundente utilizado.

Tras, la realización de estas pruebas, se comprobó que la mayoría de los equipos se encontraban inicialmente descalibrados, por lo que se pudo definir la necesidad de realizar la calibración de todos los equipos al inicio de la temporada de Vialidad Invernal.

### 1.3. EFICACIA DEL EXTENDIDO DE SALES Y SALMUERAS EN USO EN CARRETERA

Estos ensayos se realizarán en un tramo de pruebas de la carretera y su finalidad es determinar en todo momento la eficacia de los tratamientos efectuados. Para ello se medirá la salinidad residual en el pavimento

Instrumentación:

Para la realización de las diferentes pruebas se utilizaron equipos técnicos, todos ellos destinados al estudio y comportamiento de fundentes, los cuales nos permiten de forma precisa, el registro diario de información sobre las condiciones de la calzada y climáticas locales:

- Equipo DSP300 VAISALA (Certio), para la medición y toma de datos de:
  - Temperatura del aire
  - Temperatura de la calzada
  - Humedad relativa
  - Punto de rocío
  - Estado de superficie (seco, húmedo, mojado, nieve, aguanieve, hielo)
  - Espesor de la capa (agua, nieve, hielo)
  - Adherencia

VAISALA – DSP SERIES 300



Equipo cedido por **CERTIO MEDIO AMBIENTE** para la elaboración del proyecto

- Medidor de salinidad SOBO 20, con lo que se obtendrán los siguientes datos:
  - Salinidad residual en la calzada



Procedimientos para la elaboración de los ensayos

Para poder evaluar los ensayos, se ha seleccionado un tramo de carretera sin servicio, situado en el término municipal de Somosierra con una altitud de 1.440 m. los cuales se hacen idóneas debido a las condiciones climatológicas extremas que sufre este sector en temporada de vialidad invernal.

El tramo elegido para la realización de las pruebas se sitúa exactamente entre los ppkkk 94,100 y 95,600 de la vía de la antigua N-I. Ésta se dividirá en tres secciones diferenciadas de 500 m. cada en la que se aplicarán cada tratamiento de fundentes:

- Tramo 1. Tratamiento con salmuera de NaCl.
- Tramo 2: Sin tratamiento.
- Tramo 3: Tratamiento con NaCl.

A continuación, se tomarán continuas mediciones con los equipos de medición a fin de observar la evolución de los tratamientos a lo largo del tiempo. Estas mediciones se realizarán cada hora, tomando varias muestras de la salinidad a lo largo de la zona de pruebas y anotando las condiciones climatológicas del momento.

Para cada tratamiento por tanto se obtendrán una serie de parámetros y datos, los cuales se estudiarán y analizarán obteniendo el comportamiento de los fundentes en los diferentes tratamientos, siendo éstos contrastados con la zona de pruebas sin tratamientos.

#### 1.4. ENSAYOS DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO:

El otro ensayo para determinar la efectividad del tratamiento consiste en medir el estado superficial del pavimento determinando la seguridad para la circulación.

Un hecho importante a tener en cuenta en la elaboración de este proyecto es el efecto de evolución del CRL (coeficiente de rozamiento longitudinal), en las diferentes fases de los tratamientos.

La Instrucción de carreteras fija los valores en función de la velocidad específica o máxima velocidad admisible en condiciones ideales.

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	100	120
CRL	0.40	0.38	0.365	0.35	0.34	0.33	0.325	0.32

Pavimento seco: el coeficiente de rozamiento está en torno a **0,8 – 1** (valores mayores no son obtenibles, y además darían lugar a deceleraciones muy bruscas para el usuario).

Pavimento húmedo: puede bajar a 0,3-0,4, valores estos que harían la parada en seco bastante arriesgada. En carreteras con pavimento húmedo, el f debe ser de al menos **0,4 – 0,5**.

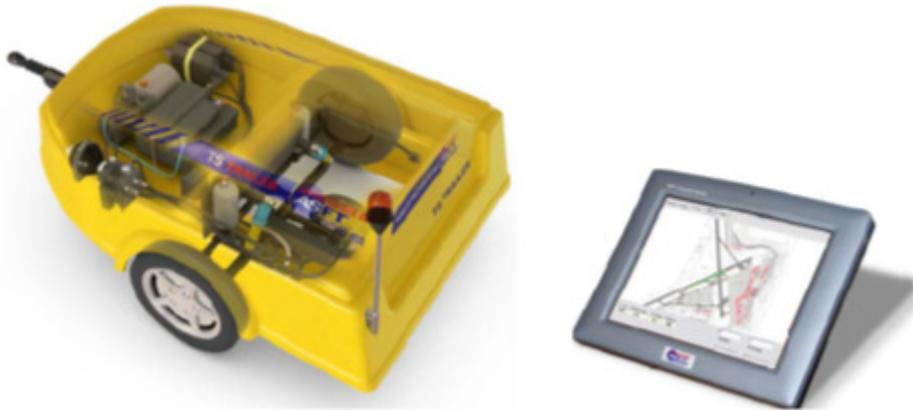
El objeto de estos ensayos, es por tanto, comprobar la evolución del CRL (coeficiente de rozamiento longitudinal) tras los tratamientos realizados:

- Capacidad de adherencia de la carretera frente a los diversos fenómenos meteorológicos adversos.

- Comportamiento del coeficiente de rozamiento de la carretera tras los tratamientos realizados con los distintos fundentes seleccionados.
- Evaluación de la eficiencia de la actual operativa de vialidad invernal, en situaciones de temporal, sobre el coeficiente de rozamiento de la carretera.

### Instrumentación:

Para la toma de datos de CRL se utilizará el equipo ASFT Trailer T-5.



### Procedimientos para la elaboración de los ensayos

Esta toma de datos de CRL, y delimitada la zona de pruebas en la antigua N-I, se realizará la medición a la vez que se realizan los ensayos detallados en el apartado anterior, en las que se ejecutarán diferentes mediciones para estudiar los efectos en el coeficiente de rozamiento longitudinal provocados por las condiciones climatológicas y los diferentes tratamientos empleados en las zonas de pruebas definidas. Para ello, se tomando muestras de CRL a lo largo de las zonas de pruebas cada hora y a una velocidad de 60 km/h (velocidad a la que, de acuerdo con el experimento internacional de comparación y armonización de medidas de la PIARC<sub>1</sub>), y anotando las condiciones climatológicas del momento.

## **2. ANALISIS DE RESULTADOS Y ELABORACIÓN DE UN PROTOCOLO**

Una vez realizados todos los análisis y ensayos anteriores se procederá a interrelacionarlos con los parámetros meteorológicos reales acaecidos y con el tráfico circulado. El objetivo de esta interrelación es poder determinar la influencia del viento, humedad, lluvia, temperatura, radiación solar y otros factores en la efectividad del fundente extendido en la calzada, diferenciando también según el tipo de fundente utilizado.

Los datos meteorológicos procederán de una estación meteorológica ubicada en el tramo de pruebas y también de los datos obtenidos de METEOGROUP y el tráfico se obtendrá de una estación de aforos en el tramo.

El objetivo final es poder establecer unos protocolos o estrategias de actuación para los tratamientos preventivos en el que se definan las siguientes actividades:

- Tratamiento preventivo inicial en función de la previsión meteorológica y del mapa térmico establecido por METEOGROUP, fijando la dosificación inicial y el momento idóneo
- Determinación de los siguientes tratamientos preventivos fijando dosificación y momento idóneo en función de los parámetros meteorológicos medidos y el tráfico circulado
- Posibilidad de establecer un programa informático de aviso a los centros gestores de la vialidad invernal para las actuaciones.