

XII JORNADAS DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

EFICIENCIA EN VIALIDAD INVERNAL

**MATERIALES EMPLEADOS EN LOS TRABAJOS PARA EL
MANTENIMIENTO DE LA VIALIDAD INVERNAL**

MADRID, 10 y 11 DE NOVIEMBRE DE 2010

Lola García Arévalo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
INOCSA, Una Empresa AECOM

MATERIALES EMPLEADOS EN LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO DE LA VIALIDAD INVERNAL

1.- INTRODUCCIÓN

Los materiales empleados en los trabajos de mantenimiento de la Vialidad Invernal juegan un papel clave en la eficacia y eficiencia de dichos trabajos; el personal dedicado a los mismos debería conocer qué materiales hay disponibles, su efectividad en la lucha contra la nieve y el hielo, cómo usarlos y el equipamiento necesario para la aplicación de los mismos, además de concienciarse sobre su manejo y almacenamiento seguro.

Hasta bien entrada la década de los 60, la aplicación de abrasivos era práctica generalizada en nuestro país para intentar dotar a nuestras carreteras de cierta rugosidad cuando se veían afectadas por problemas de nieve o hielo, con el objetivo de mejorar la adherencia de los vehículos. Los abrasivos que normalmente se utilizaban eran arena, gravilla, escoria fragmentada y polvo de carbón. El uso de abrasivos presentaba dos inconvenientes importantes, por un lado la imposibilidad de mecanizar su extendido para mejorar el rendimiento y por otro su eliminación de la calzada una vez habían cumplido su cometido, además de no impedir la formación de hielo ni derretir el hielo o la nieve existentes en la calzada.

Debido a los inconvenientes que suponía el uso de abrasivos, a principios de los 70 la Dirección General de Carreteras realiza, en consonancia con los países de su entorno, los primeros ensayos para fomentar el empleo de fundentes químicos. Los fundentes químicos son productos, naturales o no, que tienen la propiedad de impedir la formación de hielo bajando el punto de congelación del agua a temperaturas inferiores a los cero grados centígrados, o de proceder a su fusión en el caso de que ya se hubiera formado. Esta propiedad hace que los fundentes puedan ser utilizados tanto como anticongelantes impidiendo la formación de hielo en tratamientos preventivos, como descongelantes fundiendo el hielo y la nieve en tratamientos curativos.

Desde el año 1973 la Dirección General de Carreteras impone ya la obligación de utilizar fundentes en aquellos puertos o tramos de carretera que tuvieran asignado un Nivel de Servicio 1 o 2, de los cinco que en ese momento existían, aconsejándose su empleo para el Nivel de Servicio 3, y es a partir del año 1988 cuando se desecha ya totalmente el empleo de abrasivos en las carreteras de la Red del Estado, imponiéndose la utilización de fundentes químicos en la realización de tratamientos preventivos o curativos contra la nieve y el hielo.

Los fundentes que desde entonces se vienen utilizando de forma generalizada en los trabajos para el mantenimiento de la Vialidad Invernal en la Red de Carreteras del Estado son el Cloruro Sódico (ClNa) y el Cloruro Cálcico (Cl_2Ca), fundamentalmente en forma sólida en tratamientos curativos y humidificados o en forma de salmueras en tratamientos preventivos.

2.- ALCANCE DEL TRABAJO

Teniendo en cuenta el tiempo transcurrido y el importante cambio producido en estos últimos años en lo que se refiere tanto a las características de las carreteras que conforman la Red del Estado como al nivel de exigencia de los usuarios, procede analizar nuestro alrededor para conocer las tendencias actuales en el uso de fundentes, por lo que la Subdirección General de Conservación y Explotación está realizando un análisis sobre dicha cuestión.

El trabajo que se está llevando a cabo pretende conocer qué fundentes se están utilizando hoy en día por las distintas Agencias y Organismos tanto en España como en el resto de los países de nuestro entorno, determinando sus propiedades, modos de empleo y ventajas e inconvenientes de su utilización. Con ello se pretende, por un lado, comprobar si en la actualidad existe otro fundente que pueda sustituir eficazmente al Cloruro Sódico como fundente mayoritariamente empleado, y por otro presentar que alternativas existen a su utilización, en aquellos casos donde el fenómeno de corrosión del ión cloro representa un elevado riesgo, como es el caso de estructuras especiales de hormigón o lugares con una elevada presencia de elementos metálicos (aeropuertos), elaborando de esta forma una "Carta de Fundentes" que recoja los principales fundentes que actualmente existen en el mercado.

El primer paso de este trabajo fue recopilar información para saber qué fundentes están siendo utilizados mayoritariamente en nuestro entorno, decidir cuáles iban a ser objeto del mismo y determinar las propiedades de los distintos fundentes que se iban a considerar para poder evaluar su eficacia y rendimiento. No se han considerado los abrasivos porque tal y como se ha indicado anteriormente han sido desplazados por los fundentes químicos. Destacar que se ha creado un apartado especial dedicado a los Aditivos, que son productos que mezclados con los fundentes tradicionales mejoran el rendimiento de los mismos o bien minimizan sus efectos secundarios negativos, generalmente la corrosión, como es el caso de los denominados "Fundentes Agrícolas".

Finalmente se tomó la determinación de considerar los siguientes fundentes, bien por ser los de uso más extendido en distintas Agencias u Organismos, bien por sus características especiales para solucionar problemas puntuales:

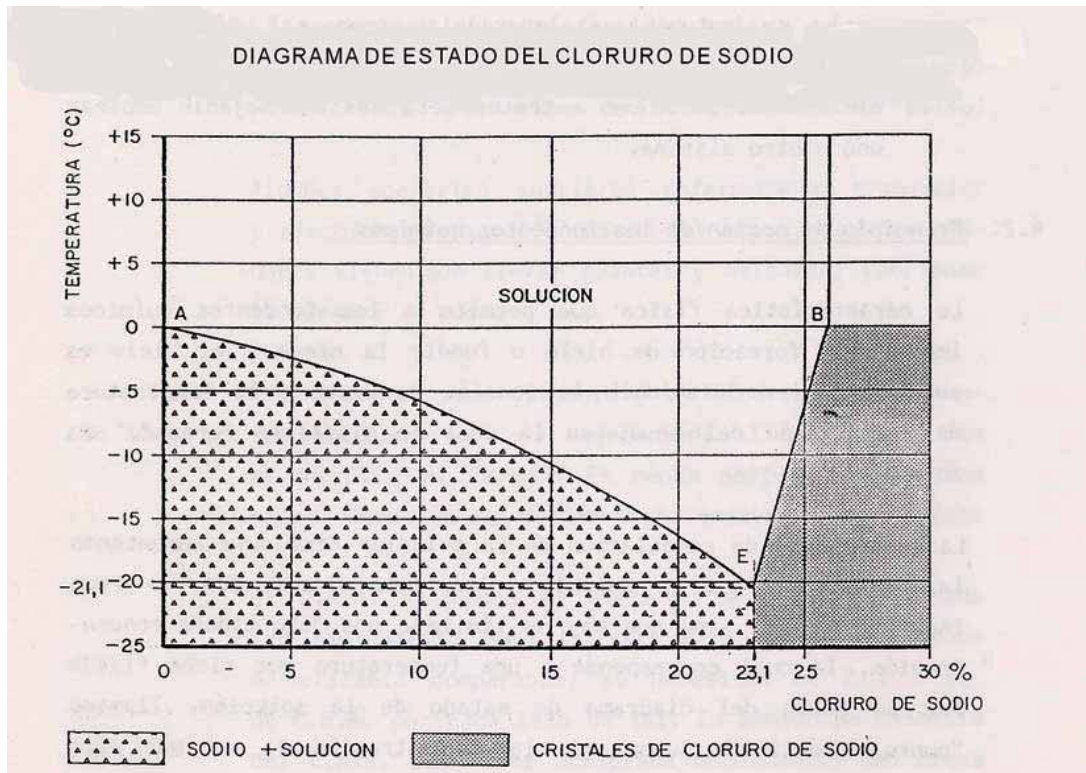
- ❖ Cloruro Sódico
- ❖ Cloruro Cálcico
- ❖ Urea
- ❖ Cloruro de Magnesio
- ❖ Acetato de Calcio y Magnesio
- ❖ Acetato de Potasio

El resto de fundentes disponibles en el mercado presentan problemas importantes para su utilización bien porque son tóxicos para los humanos y animales como es el caso de los Glicoles; son volátiles, inflamables y tóxicos como el Metanol o no están lo suficientemente estudiados para determinar su utilidad y seguridad, como el Formiato de Sodio, por lo que se ha desechado su inclusión en el análisis.

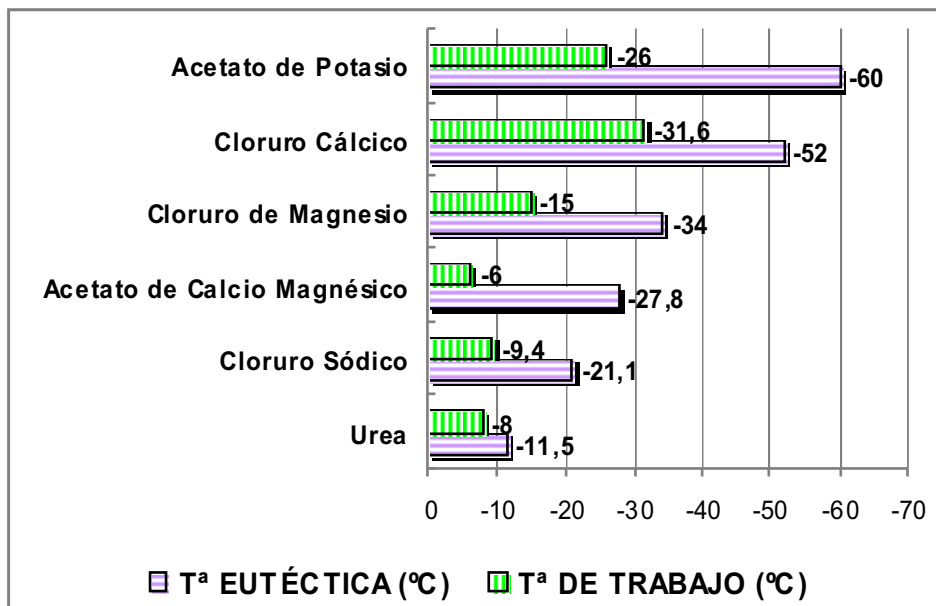
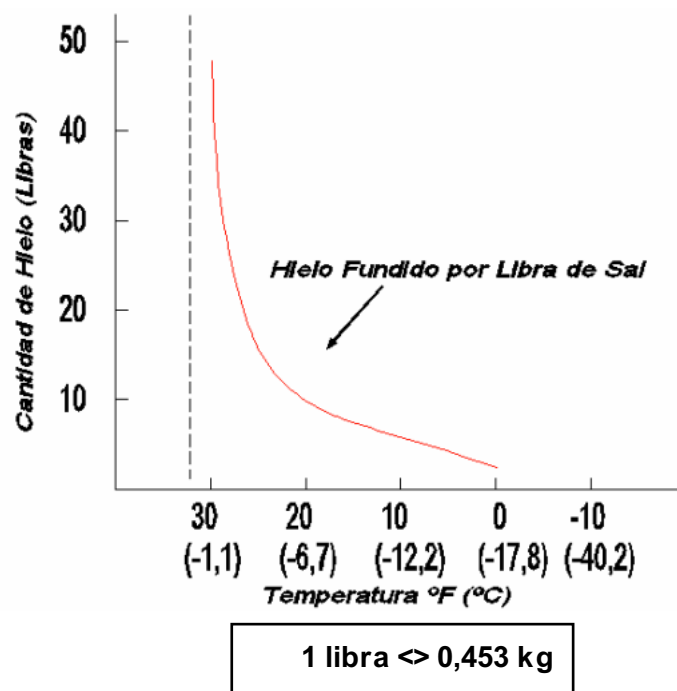
Generalmente todos los fundentes trabajan de un modo similar, aunque su rendimiento y campo de aplicación varían mucho de uno a otro. Determinar el rendimiento de estos productos es complejo y en el mismo influyen muchos factores, por lo que el siguiente paso fue definir para cada uno de los fundentes considerados los siguientes aspectos:

- **Descripción general.** Desde el punto de vista del usuario final es importante conocer sus principales características, de forma que sea posible definir e identificar el fundente de manera inequívoca y hacer un correcto uso y manipulación del mismo por lo que se definirán: composición y procedencia, densidad, forma de suministro, modo de almacenamiento y tipo de reacción al disolverse en agua (endotérmica si requiere aporte de calor externo para disolverse en agua o exotérmica si desprende calor al disolverse).

- **Temperatura y Concentración eutéctica.** Se definen como la mínima temperatura y la máxima concentración para la que la solución del fundente en agua derrite el hielo y la nieve y no se congele o solidifique. A medida que se aumenta la concentración de fundente en una solución la temperatura de congelación de la misma disminuye, esto es así hasta alcanzar el punto eutéctico, punto a partir del cual a medida que se aumenta la concentración de fundente el punto de congelación de la solución comienza nuevamente a ascender hasta llegar a los 0°C (se produce la saturación de la solución).

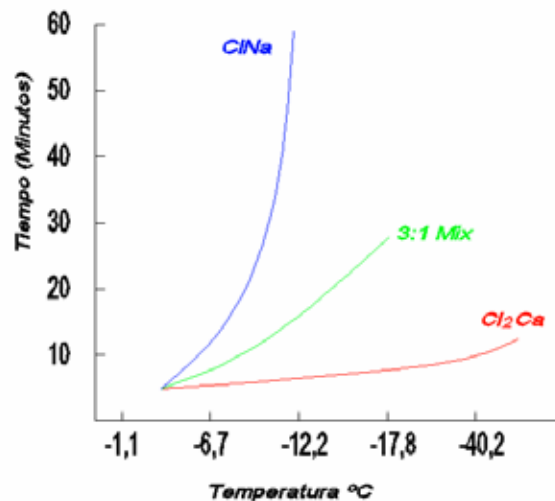


- **Temperatura de trabajo o efectiva:** La temperatura eutéctica es un valor teórico y, podría ser un valor teórico de referencia para comparar el rendimiento de los distintos fundentes; pero la realidad es que éstos dejan de ser efectivos mucho antes de alcanzar el punto eutéctico ya que el tiempo de actuación comienza a incrementarse considerablemente cuando las temperaturas disminuyen por debajo de un valor determinado. Esa es la razón por la que se define la Temperatura de trabajo o efectiva como la mínima temperatura en la que el producto ejerce su acción fundente en un periodo de tiempo razonable, en la práctica esto se traduce en la temperatura más baja a la que el fundente es efectivo tras 15 o 30 minutos de aplicación y es la que realmente interesa a efectos prácticos.



➤ **Técnicas de aplicación.** Cada tipo de fundente tiene su propia técnica de aplicación:

- ¿Cuándo? Las características del producto determinan el momento en el que éste debe ser empleado: como anticongelante en tratamientos preventivos o como descongelante en tratamientos curativos.
- ¿Cómo? Las características del producto condicionan, para conseguir el mejor aprovechamiento del mismo, su manera de empleo: en forma sólida, líquida (salmuera) o prehumidificado.



➤ **Dotación.** Además de la temperatura de trabajo, un aspecto fundamental para optimizar la eficacia y eficiencia del fundente es la dotación a emplear del mismo. Esta suele variar entre 10 y 60 gr/m² y depende de distintas variables entre las que cabe destacar:

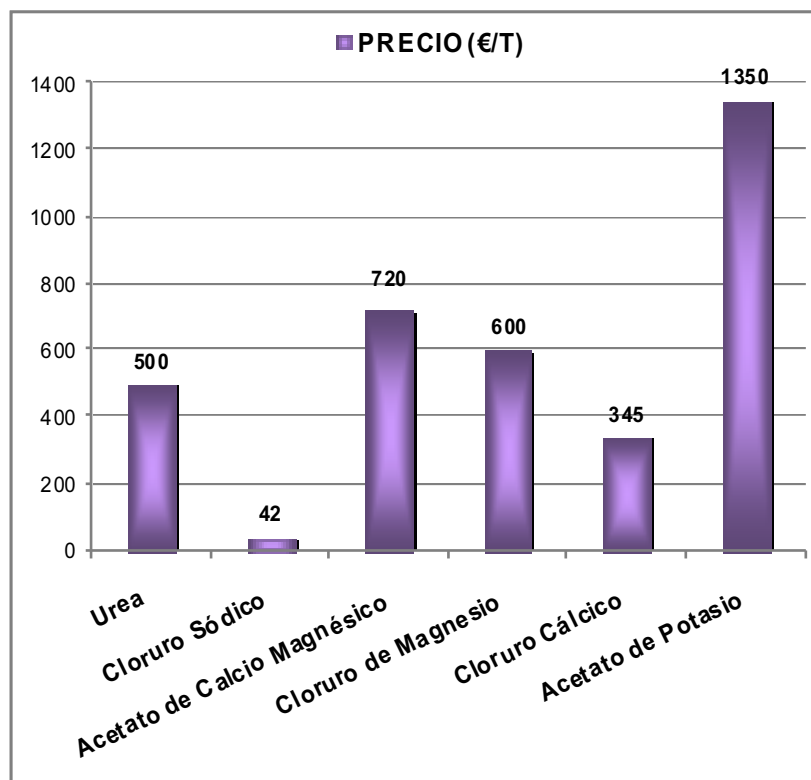
- Tipo de tratamiento: curativo o preventivo
- Estado de la calzada: seca, húmeda o mojada
- Temperatura ambiente
- Espesor de la capa de hielo
- Tipo y espesor de la capa de nieve

➤ **Impacto en la infraestructura.** Hay una doble preocupación por los efectos corrosivos de algunos de los fundentes, por una parte la debida a la corrosión que se ocasiona a los usuarios de la infraestructura (vehículos y aeronaves) y por otra la que afecta a la propia infraestructura (corrosión de armaduras del hormigón armado) y a su equipamiento (barreras de seguridad, señales, etc.). De los dos problemas la afección a la infraestructura, especialmente a las estructuras de hormigón armado, es el más importante; las superficies de metal expuestas pueden lavarse, no así las armaduras del hormigón, por lo que es de vital importancia para evitar el deterioro de las mismas el uso del fundente adecuado en las estructuras de este tipo con gran exposición a los fundentes.

➤ **Afección al medioambiente.** El interés y preocupación sobre los efectos secundarios de los fundentes en el medioambiente es creciente; cómo afectan a las aguas subterráneas, a la vegetación de las márgenes de la carretera o a los ríos y arroyos cercanos. El impacto ambiental puede medirse de diferentes

modos, teóricamente deberían medirse cinco parámetros: la presencia de metales pesados, la toxicidad, la cantidad de nitrógeno, la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO). Sin embargo, la realidad es muy distinta, apenas se dispone de datos cuantificables de la afección medioambiental de los productos, sino que se conocen sus efectos fruto de la experiencia en el uso de los mismos.

- **Precio.** Finalmente es muy importante evaluar el coste de los distintos Fundentes así como la disponibilidad de los mismos para un área geográfica determinada. Este es un aspecto muy importante pero sólo debería considerarse una vez se haya asegurado que el fundente considerado cumple los objetivos exigidos.



(*) Precios facilitados por suministradores en España

En vista de lo anterior, la correcta elección de un fundente depende de un gran número de factores entre los que lógicamente el precio tiene un peso muy importante y condiciona en gran medida su utilización, cuando es empleado en grandes cantidades como es nuestro caso, así como otros entre los que podemos destacar la climatología del área donde se realicen los tratamientos, la disponibilidad del producto en un punto geográfico determinado, la importancia de la afección medioambiental, las propiedades del mismo a tener en cuenta para su correcto almacenamiento, etc. La importancia relativa de todos estos factores sólo se puede fijar para una Agencia u Organismo determinado, de modo que cada uno ponderará la importancia de los distintos factores en función de sus necesidades específicas y disponibilidad presupuestaria, obteniendo finalmente un “ranking” de fundentes.

3.- CONCLUSIONES PROVISIONALES

Como conclusiones provisionales del trabajo que se está llevando a cabo podríamos destacar las siguientes:

- En primer lugar destacaríamos la dificultad que existe a la hora de recopilar datos homogéneos y comparables sobre los distintos fundentes, encontrándonos con una gran disparidad entre ellos, llegándose a plantear en algunos casos incluso contradicciones entre los mismos.
- En estos casos al tratarse de un trabajo puramente teórico resulta muy complicado aclarar dichas discrepancias.
- No obstante lo anterior, en principio y teniendo en cuenta las condiciones de contorno actuales, el fundente que mejor se adapta a las necesidades de la Dirección General de Carreteras es el Cloruro Sódico, debido fundamentalmente a:
 - La ubicación geográfica de nuestro país, dónde las temperaturas invernales no son extremas, por lo que la temperatura de trabajo no es un factor determinante a la hora de elegir un fundente.
 - Su gran compatibilidad con el Cloruro Cálcico hace que cuando, de forma puntual, las temperaturas son inferiores a -5°C y por tanto la eficacia del Cloruro Sódico comienza a disminuir, la adicción de éste facilita la disolución del Cloruro Sódico en agua debido al carácter exotérmico del Cloruro Cálcico y se asegura la eficacia fundente hasta una temperatura de -35°C .
 - Su precio, que el más competitivo de todos los fundentes analizados así como su disponibilidad garantizada en todo el territorio nacional.
 - Su gran versatilidad, ya que se puede utilizar tanto en tratamientos curativos como preventivos y en forma sólida o líquida en forma de salmuera.
- En cuanto a los posibles aspectos negativos derivados de uso podemos adelantar que en cuanto a su afección al medioambiente, ésta es aceptable en las condiciones de uso actuales.
- En principio, cuando no es aconsejable la utilización del Cloruro Sódico debido al problema de corrosión del ión cloro, sobre todo en puentes y estructuras de hormigón armado, una solución que se contempla es el uso puntual de fundentes como el Acetato de Calcio y Magnesio, que a pesar de tener un precio 17 veces superior al Cloruro Sódico es el fundente más seguro para el hormigón, evitando la corrosión y el desprendimiento.

Madrid, noviembre de 2010