

VIALIDAD INVERNAL EFICIENTE PARA UN CONTEXTO PRESUPUESTARIO RESTRINGIDO.

E. SOLER SALCEDO

Director General de Autovía de Los Llanos S.A., España.

esoler@getinsa.es

M. ANGEL GARCÍA GÓMEZ

Director de Explotación de Autovía de Los Llanos S.A., España.

magarcia@aullasa.es

D. HERREROS LAGUÍA

Jefe de Conservación de Conservación Los Llanos U.T.E., España.

dherreros@aullasa.es

RESUMEN

La coyuntura actual, de crisis económica general en España, ha propiciado que se hayan reducido en gran medida las inversiones al sector de conservación y explotación de carreteras. Las necesidades actuales, hacen que los niveles de calidad y servicio, así como las condiciones de seguridad, fluidez y comodidad en las carreteras sean muy exigentes, lo cual conlleva a una gestión eficiente y optimización de los recursos disponibles. Dentro de las actividades de conservación de carreteras se encuentran las actividades de ayuda a la vialidad, siendo la actividad más importante en cuanto a recursos económicos y materiales la vialidad invernal.

Para lograr los objetivos de ajustes presupuestarios es necesario trabajar y potenciar la eficiencia y optimización de recursos en los aspectos que se detallan en el texto adjunto.

1.- PERSONAL. FORMACIÓN Y ORGANIZACIÓN:

1.1.- FORMACIÓN DEL PERSONAL:

La formación del personal debe enfocarse al aprendizaje de una conducción eficiente que permita ahorrar combustible, alargue la vida útil de la maquinaria y sus componentes y se optimicen los tiempos empleados en desplazamientos, cambios de turno, repostajes, recargas, etc...

La evolución tecnológica ocurrida durante los últimos años, ha modificado en gran medida el diseño de los vehículos y ha permitido la introducción de importantes modificaciones en el motor y en los distintos sistemas destinados a aumentar su rendimiento, reduciendo su consumo de carburante y sus emisiones. ***Estas mejoras tecnológicas demandan del conductor un nuevo estilo de conducción acorde con ellas y que aproveche las ventajas que proporcionan.***

La conducción eficiente ofrece las siguientes ventajas:

- **Ahorro de combustible.** El conductor con su comportamiento tiene una gran influencia sobre el consumo de carburante del vehículo, dando lugar a ahorros de carburante del orden del 10%.
- **Menores costes de mantenimiento.** El efecto de reducción de consumo está asociado no sólo a un menor coste en carburante, sino también a un menor coste en mantenimiento del vehículo, ya que las nuevas pautas a seguir, provocan que los distintos sistemas del vehículo (frenos, embrague, caja de cambios, neumáticos y motor...), estén sometidos a un esfuerzo inferior al que soportarían en el caso de la conducción convencional.
- **Reducción de la contaminación ambiental.** La reducción del consumo de carburante a través de la puesta en práctica de la conducción eficiente va ligada a una reducción de las emisiones contaminantes al medio ambiente.

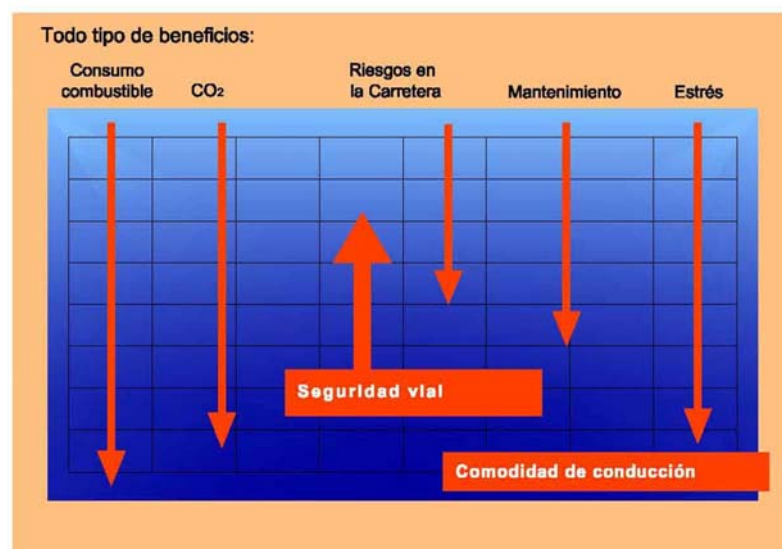


Fig. 1: Beneficios de una conducción eficiente

La viabilidad invernal está sustentada en la conducción de camiones muy potentes equipados de máquinas quitanieves. Es por ello, que para conseguir los objetivos anteriores, ***los operarios conductores deben recibir formación continua en el sentido de la conducción eficiente a través de formadores especializados en el tema.***

Un factor muy importante a tener en cuenta es la **actitud del conductor**. La conducción eficiente está basada en una serie de pautas de comportamiento que conforman una actitud determinada en la conducción de un camión. Las técnicas de la conducción eficiente van indisolublemente ligadas a esta actitud ante la conducción, hasta el punto de que, sin la aplicación de estas pautas de comportamiento, no se podrán ejecutar las mismas de forma adecuada y precisa.

La conducción de un camión quitanieves comporta una elevada **carga de responsabilidad**, por tanto, se requiere una actitud resuelta, decidida y basada en una serie de directrices a considerar:

- **Prever** las situaciones peligrosas y **anticipar** a tiempo las maniobras a ejecutar, para evitar verse involucrado en maniobras comprometidas.
- Conocer las **alternativas disponibles** para solucionar una maniobra, y tener la capacidad para discernir cual de ellas es la más adecuada.
- Evitar **comportamientos arriesgados** que pudieran generar situaciones de riesgo para los usuarios de la vía.

Se ha de evitar la práctica de una conducción agresiva, basada en continuas aceleraciones y frenazos bruscos. **Con la práctica de una conducción eficiente se logran ahorros de carburante de más del 30% respecto a una conducción agresiva.**

Antes de subir a la cabina del camión quitanieves, el conductor debe proceder a realizar un examen visual sobre algunos elementos del equipo quitanieves, para comprobar su correcto estado.

En líneas generales, una correcta revisión previa debería contemplar al menos los siguientes aspectos:

- Niveles de líquidos**: aceite de motor e hidráulicos, agua de refrigeración, etc...
- Sistema de frenos**: presión de aire de frenos y purgado de agua de condensación.
- Instrumentación de ayuda a la conducción**: limpieza y colocación de los retrovisores, verificación del funcionamiento del alumbrado y de los dispositivos de señalización luminosa.
- Montaje del vehículo**: sujeciones de equipos quitanieves, enganches, acoplamientos, etc...
- Neumáticos**: presiones, desgastes, objetos incrustados, estado general y fijaciones.

1.2.- ORGANIZACIÓN. RECORRIDOS:

Por otro lado, se deben optimizar los recorridos de las máquinas quitanieves en las operaciones de vialidad invernal, sobretodo en los tratamientos preventivos, para evitar realizar desplazamientos innecesarios, que además del sobrecoste económico, conllevan también pérdidas de tiempo, muy importantes cuando estamos realizando operaciones de vialidad invernal en condiciones extremas.

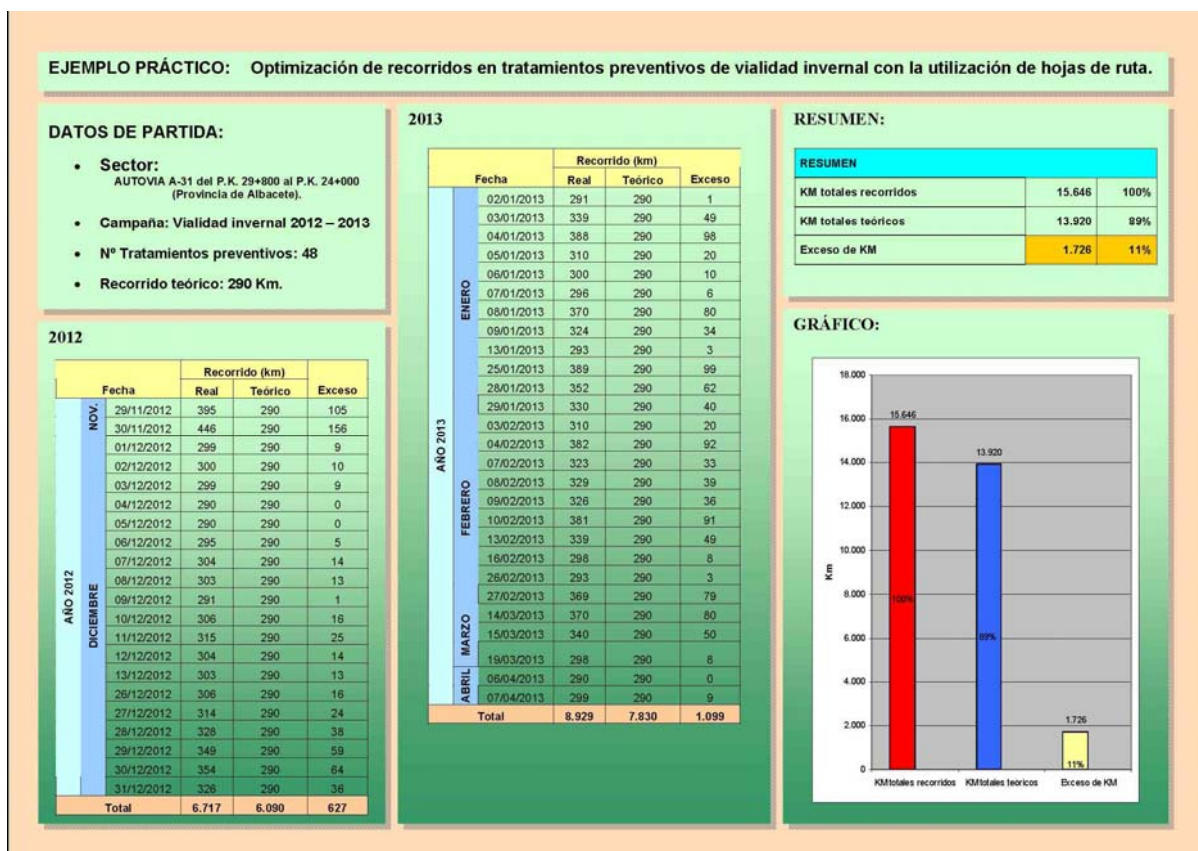
Es por ello que desde los Centros de Conservación Españoles se debe trabajar en este sentido, ***optimizando al máximo los recorridos realizados por los equipos quitanieves.***

Para ello, una posible solución es preparar una **hoja de ruta personalizada por equipo quitanieves**, en la que se especifique lo siguiente:

- **Ruta a realizar**, incluyendo puntos de cambio de sentido, vías de servicio, enlaces, ramales, etc...
- **Trabajos previstos realizar**.
- **Velocidad del vehículo** ya sea en desplazamiento o en tratamiento de calzada.
- **Fundentes y dotaciones empleadas**.
- **Puntos de parada y espera**.
- **Puntos de repostaje**.
- **Puntos de recarga de fundente**.
- **Puntos de cambio de cuchillas**.

Puesto que la mayoría de los Centros de Conservación cuentan con un sistema de gestión de flotas GPS, se deberán analizar las rutas realizadas por los equipos quitanieves, para ver el nivel de cumplimiento de la hoja de ruta planificada, y en su caso corregir las desviaciones observadas, con el objetivo de optimizar al máximo los recorridos.

A continuación se muestra un ejemplo práctico de la utilidad de la existencia de una hoja de ruta. En este ejemplo consideramos el tratamiento preventivo más común, que es el preventivo de salmuera, en el sector completo de conservación, y para una previsión de temperatura inferior a 2°C (heladas débiles).



Por tanto, llegamos a la conclusión de que con el ajuste de los recorridos a una hoja de ruta predeterminada, se podría obtener un ahorro del 11% en recorridos ejecutados, con el consiguiente ahorro de combustible, mantenimiento, horas de personal, etc...

2.- MAQUINARIA:

La tendencia actual en España es realizar los tratamientos preventivos y curativos (en algunas circunstancias), con salmuera de cloruro sódico, debido a la mayor eficacia de estos tratamientos y el menor consumo de fundentes. Es por ello que los Centros de Conservación Españoles deben equiparse de maquinaria adecuada para optimizar estos trabajos, como es disponer de plantas de salmuera de alta producción y almacenaje de salmuera suficiente para abastecer a los camiones quitanieves en condiciones extremas. De igual forma, los Centros de Conservación deben tender a equiparse con extendedoras de salmuera y extendedoras tipo "combi" (salmuera+fundentes sólidos), que permiten alternar con una misma máquina distintos tratamientos ya sean de salmuera, fundentes sólidos o vía húmeda.



Fotografía nº 1 - Planta de fabricación de salmuera

El extendido de los fundentes se realiza con equipos especialmente adaptados para este cometido, denominados esparcidores o extendedores, los cuales se instalan sobre camiones que normalmente están equipados con un útil de empuje para la limpieza de las nieves.

Haciendo un breve repaso sobre los extendedores de fundentes, podemos decir que los equipos de extendido varían en función de la forma de empleo de los fundentes: en estado sólido o granular, en estado líquido y humidificados.

En el primer caso se utilizan extendedores o esparcidores clásicos, que pueden ser manuales o automáticos, pudiendo subdividirse estos últimos en transportados o remolcados.



Fotografía nº 2 - Esparcidor de fundentes sólidos con sistema vía húmeda

La tendencia actual en todos los países desarrollados consiste en utilizar extendedores automáticos y transportados, los cuales, en esencia, constan de una tolva especial de acero o material de plástico, de 3 a 10 m³ de capacidad, acoplada sobre la caja de un camión. La distribución del producto sólido se realiza por medio de uno o dos platos giratorios, regulables en altura, ángulo o zona a cubrir.

El accionamiento de los rodillos, sinfines y platos se realiza por motores hidráulicos alimentados por una de las siguientes formas:

- *Por una bomba arrastrada por una rueda que se apoya en el pavimento y se mueve al hacerlo un camión.*
- *Por una bomba movida por una toma de fuerza del camión.*
- *Por un motor independiente.*

Si los fundentes se emplean humidificados el equipo utilizado generalmente consta de:

- *Una extendedora clásica dotada de un sistema de distribución.*
- *Uno o dos depósitos laterales o delanteros para el almacenamiento del líquido con un sistema de humidificación que varía según el modelo empleado.*

Por último, cuando los fundentes se emplean en estado líquido, el extendido se realiza por medio de camiones cisterna con un sistema de esparcido a baja presión, alimentado por unas bombas, especialmente diseñados para este fin.



Fotografía nº 3 - Extendedor de fundentes en estado líquido

Sea cual fuere el sistema utilizado, todas las funciones de control del extendido deben poder realizarse desde la cabina del camión. Así, en los equipos más modernos, las funciones de mando de control se realizan a través de un pequeño ordenador al que llegan las señales de diversos sensores colocados en los principales mecanismos en movimiento y éste gobierna desde un mando en la cabina, a través del microprocesador, la regulación automática de los distintos parámetros de extendido, como ancho, dosificación, relación líquido/sólido, asimetría del extendido, material consumido, etc.

La diversidad que presentan los distintos sectores de conservación, en cuanto a características de tipos de carreteras, firmes, trazado, altimetría, variables meteorológicas, hace que la tendencia futura, buscando la eficiencia para presupuestos restringidos, sea la de disponer de extendedores de fundentes multifuncionales que permitan adaptar los distintos tratamientos de la calzada a las circunstancias puntuales de la carretera.

Estos extendedores de fundentes multifuncionales ya existen en el mercado, y son conocidos comúnmente con el nombre "COMBI", y sus características principales son las siguientes:

- *Equipo compuesto por tolva de fundentes sólidos + cisterna de salmuera.*
- *Dotado de plato giratorio para extendido de fundentes sólidos regulable en altura, ángulo o zona a cubrir.*
- *Dotado de boquillas esparcidoras de fundente líquido regulable en altura, ángulo y zona a cubrir, así como bombas de alimentación de salmuera o de salmuera para trabajar vía húmeda.*
- *Mando en cabina de control de todas las funciones del equipo.*

Estos equipos permiten realizar el esparcimiento o extendido de fundentes de las siguientes formas:

- *Extendido de fundente sólido.*
- *Extendido de fundente sólido vía húmeda.*
- *Extendido de fundente líquido.*



Fotografía nº 4 - Imagen de equipo extendedor de fundentes tipo "COMBI"

La variedad multifuncional de estos equipos permite que dentro de un mismo sector de carreteras, y en el momento que se está realizando una operación de vialidad invernal, se pueda decidir in-situ el tipo de tratamiento que se considere más adecuado para las características de la calzada y condiciones meteorológicas en ese momento.

Por ejemplo, si hay previsión de temperaturas bajas y planificamos un tratamiento preventivo, con este equipo aplicaremos salmuera de cloruro sódico, pero si durante el trayecto del camión, nos encontramos con una zona en la que se ha producido una precipitación, podremos aplicar fundente sólido.

Por tanto, en base a las características de cada sector de carreteras, se deberá dotar de los medios de vialidad invernal correspondiente, aunque la tendencia debe ser disponer de equipos multifuncionales, que permitan optimizar el empleo de fundentes cualitativa y cuantitativamente, presentando las siguientes ventajas:

- *Ahorro de fundentes.*
- *Ahorro de combustibles.*
- *Reducción de costes medioambientales.*
- *Mayor eficiencia en el tratamiento.*

Para conseguir los objetivos anteriores, y ser más eficaces, la renovación así como la inversión en nueva maquinaria de extendido de fundentes deberá estar dirigida a la implantación de equipos multifuncionales, según las necesidades de cada sector de carreteras.

Puesto que la inversión en este tipo de maquinaria es alta, y muchos de los extendedores de fundentes convencionales actuales aún no se encuentran amortizados, y se encuentran en un buen estado de funcionamiento, se debe estudiar las posibilidades de adaptación de los equipos actuales a tipos "COMBI".

Por otro lado, resulta de gran importancia realizar **un calibrado de los equipos** de extendido de fundente, con objeto de corregir las posibles desviaciones en cuanto a dotaciones de fundentes y anchos de extendido.

Para ello se considera que debe ser práctica habitual de cada Centro de Conservación, establecer unos métodos antes del inicio de cada campaña de vialidad invernal, en los que se recojan muestras de fundente de los equipos de extendido, tanto en estático como en movimiento, **para su evaluación y corrección de errores y desviaciones**.

De igual forma debe ser objeto de análisis el tipo de cuchilla quitanieves empleado, (aceros, sintéticos tipo “vulkollan”, caucho, neopreno, cerámicos, etc...), y disponer de los tipos de cuchillas en cada Centro de Conservación que mejor se adapte a los tipos de firme existentes, espesores de nieve, tipos de nieve, etc..., ya que **ello permitirá optimizar los trabajos, reducir tiempos empleados, y reducir consumos de combustible**.

Una buena elección de cuchillas quitanieves puede proporcionar las siguientes ventajas:

- **Una mayor resistencia al desgaste.**
- **Unas buenas propiedades de deslizamiento con menor afección sobre la capa de rodadura de un firme.**
- **Un menor consumo de combustible.**
- **Reducción en desplazamientos y tiempos empleados en la sustitución de cuchillas.**

A modo de ejemplo se puede hablar del uso de cuchillas de neopreno, que permiten adherirse perfectamente a la capa de rodadura, eliminando completamente la nieve de la calzada.

Estas cuchillas, además de mejores resultados en cuanto a la limpieza se refiere, ofrecen otra serie de ventajas como pueden ser que no se deterioran si colisionan con un obstáculo, tienen una larga duración y ofrecen un bajo nivel de ruido en fase operativa.

De igual forma debe ser objeto de análisis el material que constituye el cuerpo de las hojas quitanieves, ya que por ejemplo una vertedera de polietileno, además de ofrecer una mejor evacuación de la nieve, requiere una menor potencia del vehículo y por tanto un menor consumo de combustible.



Fotografía nº 5 - Hoja quitanieves con cuchilla de acero

3.- FUNDENTES:

En España los tipos de fundentes generalmente empleados son el cloruro sódico (NaCl) y para ciertas condiciones el cloruro cálcico (Cl₂Ca).

La utilización en España de estos fundentes frente a otros como las Ureas y Acetados, es debida a los siguientes factores:

- *Precio muy competitivo.*
- *Suministro y disponibilidad garantizada.*
- *Afección al medioambiente razonable.*

Es muy importante que los Centros de Conservación dispongan de almacenes idóneos para fundentes, así como realizar un tratamiento adecuado de los mismos que permita que los fundentes sobrantes de una campaña puedan ser utilizados en la siguiente.

Por todos es sabido que el cloruro sódico (principal fundente empleado) sobrante de una campaña, sometido a la condiciones meteorológicas estivales, pierde sus propiedades en cuanto a humedad se refiere, endureciéndose, y formando costra en algunos casos de gran espesor. Removida esta costra el cloruro sódico queda aterronado, lo cual puede provocar importantes problemas a la hora de ser utilizado como fundente ya que genera atascos y averías en los extendedores.

El desechar el cloruro sódico sobrante de una campaña supone un coste económico muy alto, y el uso del cloruro sódico sobrante de una campaña en la siguiente, sin estar en condiciones adecuadas puede conllevar problemas muy importantes durante el desarrollo de las operaciones de vialidad invernal.

En este marco presupuestario restringido, los Centros de Conservación Españoles deben buscar la optimización de los recursos. Para ello, el cloruro sódico sobrante de una campaña debe ser tratado adecuadamente antes del comienzo de la campaña siguiente, debiéndose realizar las siguientes labores:

- *Remover los acopios de cloruro sódico.*
- *Cribado del cloruro sódico para separar los terrones.*
- *Machaqueo de los terrones rechazados por la criba.*
- *Aportación de productos antiapelmazantes.*
- *Mezclado de los productos.*
- *Almacenaje en los acopios.*



Fotografía nº 6 - Cribado de NaCl sobrante de una campaña de vialidad invernal

Es importante la optimización de la recogida de pérdidas de NaCl, ya sea del propio tratamiento de los acopios de fundentes, zonas de carga de los equipos quitanieves, zonas de limpieza de la maquinaria, aguas contaminadas, etc...

Estos restos pueden ser almacenados en piscinas de evaporación, y mediante un filtrado, pueden ser reutilizados como fundentes o para la fabricación de salmueras.

En cuanto a los tipos de tratamientos que se realizan, ya sean preventivos o curativos, por todos son conocidas las recomendaciones generales al respecto, que de forma resumida, son las siguientes:

TRATAMIENTOS PREVENTIVOS:

- En calzada seca: Se utilizará el fundente en forma de salmuera o humidificado con salmuera.
- En calzada húmeda: El fundente podrá utilizarse en salmuera o en estado sólido.

Conviene hacer hincapié que en la humidificación de los fundentes sólo podrán utilizarse salmueras, de ClNa o de Cl₂Ca en base a la temperatura de trabajo, en ningún caso agua sola.

En general todos los tratamientos preventivos se realizarán de acuerdo a las recomendaciones de la tabla siguiente:

DOTACIONES EN LOS TRATAMIENTOS PREVENTIVOS			
Estado de la calzada	Fundente	Dotaciones	
		gr/m ²	cm ³ /m ²
Calzada seca (Hr<75 %)	Salmuera de NaCl	5-10	18,5-37
Calzada seca (Hr>75 %)	Salmuera de NaCl ó NaCl humidificada	5-15	18,5-55
Calzada ligeramente húmeda	NaCl humidificada ó NaCl sólida	5-10	-
Calzada muy húmeda	NaCl sólida	10-15	-

Cuadro nº 1 - Dotaciones de los tratamientos preventivos

TRATAMIENTOS CURATIVOS:

Cuando la situación es tal que requiere la limpieza de nieve de la calzada, tendremos que realizar tratamientos curativos, es decir, se continuará con la extensión de fundentes aumentando la dotación de los mismos así como la frecuencia de los tratamientos.

Los tratamientos curativos se realizarán atendiendo a las recomendaciones de las siguientes tablas:

Tipo de nieve	Temperatura (°C)	Fundente	Dotación (gr./m ²) espesor (e)	
			e ≤ 2 cm	e > 2 cm
Tratamientos curativos contra la nieve. Esparcimiento único				
En Fusión	Mayor de -5°C	Cloruro Sódico sólido	20 - 30	30 - 40
	Entre -5°C y -15°C	Mezcla sólida de 2/3 de Cloruro Sódico y 1/3 Cloruro Cálculo	20 - 30	30 - 40
	Menor de -15°C	Cloruro Cálculo sólido	15 - 20	20 - 30
Seca o apelmazada	Mayor de -5°C	Cloruro Sódico sólido o humedecido con salmuera	20 - 30	30 - 40
	Entre -5°C y -15°C	Mezcla sólida de 2/3 de Cloruro Sódico y 1/3 Cloruro Cálculo humedecido con salmuera	20 - 30	30 - 40
	Menor de -15°C	Cloruro Cálculo sólido humedecido con salmuera	15 - 20	20 - 30

Tipo de nieve	Temperatura (°C)	Fundente	Dotación (gr./m ²) espesor (e)	
			e ≤ 2 cm	e > 2 cm
Tratamientos curativos contra la nieve. Esparcimiento mixto				
En Fusión	Mayor de -5°C	Cloruro Sódico sólido + Salmuera de Cloruro Sódico	15 - 30	30 - 40
	Entre -5°C y -15°C	Mezcla sólida de 2/3 de Cloruro Sódico y 1/3 Cloruro Cálcico + Salmuera (2/3 Cloruro Sódico + 1/3 Cloruro Cálcico)	20 - 30	30 - 40
	Menor de -15°C	Mezcla sólida de 2/3 de Cloruro Sódico y 1/3 Cloruro Cálcico + Salmuera (2/3 Cloruro Sódico + 1/3 Cloruro Cálcico)	20 - 20	30 - 40
Seca o apelmazada	Mayor de -5°C	Cloruro Sódico sólido o humedecido con salmuera	20 - 30	30 - 40
	Entre -5°C y -15°C	Mezcla sólida de 2/3 de Cloruro Sódico y 1/3 Cloruro Cálcico + Salmuera (2/3 Cloruro Sódico + 1/3 Cloruro Cálcico)	20 - 30	30 - 40
	Menor de -15°C	Salmuera de Cloruro Cálcico	20 - 30	30 - 40

Cuadro nº 2 - Recomendaciones para los tratamientos curativos

El empleo de salmueras en la realización de tratamientos curativos es cada vez más habitual, **habiéndose generalizado su uso en los últimos años en la red de carreteras del estado Español**. Este tipo de tratamientos pueden ser especialmente útiles en condiciones meteorológicas extremas de temperatura y sobre todo de viento, cuando se hace necesario acelerar en todo lo posible la acción del fundente ante las dificultades para actuar con las que se encuentra.

El empleo de salmueras en la realización de tratamientos preventivos se ha generalizado prácticamente en todo el ámbito nacional. La mayor parte de los tratamientos preventivos corresponden a previsiones de heladas débiles con temperaturas próximas a los 0°C. La salmuera empleada para este tipo de tratamientos, en la mayoría de los Sectores de Conservación Españoles, por lo general es salmuera de cloruro sódico, con una concentración próxima al “punto eutéctico”, que es del 23,1%.

Los tratamientos preventivos suponen una parte muy importante en cuanto al coste económico se refiere en las campañas de vialidad invernal, y debe ser objeto de análisis en busca de una mayor eficacia de los mismos.

Por otra parte hay que destacar que el nivel de exigencia de la Administración General del Estado en España, en cuanto a vialidad invernal se refiere, es muy alto, priorizando la seguridad vial.

Hay que destacar que el Pliego de Cláusulas Administrativas de los contratos de Conservación Integral del Ministerio de Fomento de España, señala en el apartado 2 de la cláusula 28, “Penalizaciones”, que “cuando se produzcan problemas al tráfico relacionadas con las actividades del contrato, y el contratista haya incumplido o cumplido defectuosamente las condiciones en que han de prestarse las mismas, la Administración podrá optar indistintamente por la resolución del contrato con pérdida de la garantía o por la imposición de penalidades”.

De igual forma, en los contratos de concesión de las autovías de primera generación, el indicador I17, relativo a Vialidad Invernal, establece que se incurre en penalidad siempre que no se cumpla alguno de los umbrales puntuales o de los tiempos de respuesta señalados en el mismo. Estos valores se refieren fundamentalmente a los tiempos establecidos para el Nivel de Servicio 1, además de la obligación de tratar con fundente en su totalidad las carreteras cuando la temperatura ambiente real o prevista sea inferior a 2°C.

Como se puede ver, el nivel de exigencia por parte de la Administración General del Estado Español, es muy alto, priorizando ante todo la seguridad vial. Esto conlleva a que

en muchas carreteras de España se pueda apreciar a simple vista un exceso de fundente en las mismas.

Por tanto, el objetivo debe ser mejorar la eficiencia manteniendo los niveles de servicio que garantizan la seguridad vial.

Para optimizar el empleo de fundente en los tratamientos preventivos, apoyándose en los medios tecnológicos actuales, se debe tender a ajustar el margen de seguridad establecido entre empleo de fundente empleado y seguridad vial, quedando garantizada siempre ésta.

En este sentido se debe trabajar en el siguiente camino:

- ***Dotar los Centros de Conservación de distintos acopios de salmuera según su composición y concentración, listas para ser usadas según las condiciones meteorológicas previstas.***
- ***Desarrollar una tecnología que sea fidedigna y capaz de proporcionar información en tiempo real sobre la concentración de fundente en la calzada.***

Para conseguir el segundo objetivo, se debe apostar firmemente por el desarrollo de un sistema que permita controlar la cantidad de fundente existente en la calzada, que en tiempo real nos permita acotar qué zonas de un sector de carreteras tienen un nivel de salinidad suficiente y cuáles no.

Estos datos apoyados por información de campo suministrada por vehículos de vigilancia, deben ser suficientemente fiables para poder tomar decisiones a la hora de planificar los tratamientos preventivos.

Por otro lado, debe ser objeto de análisis las condiciones que se tienen que dar para aplicar un tratamiento preventivo. Como se ha mencionado con anterioridad, en España, actualmente se aplican tratamientos preventivos cuando la previsión meteorológica es de temperaturas inferiores a 2°C, sin tener en cuenta otros factores. Por ello, resulta necesario introducir otros factores como son la humedad, si la calzada está mojada o no, si existe niebla o no, ya que ello permitirá ahorrar tratamientos preventivos innecesarios.

El éxito en el desarrollo de los trabajos anteriores proporcionará las siguientes ventajas:

- ***Ahorro de fundentes.***
- ***Ahorro de combustibles.***
- ***Reducción de costes medioambientales.***
- ***Reducción en gastos de personal.***
- ***Reducción en gastos generales.***

4.- METEOROLOGÍA:

Para programar adecuadamente los trabajos de vialidad invernal es fundamental disponer de una predicción meteorológica precisa y ajustada al ámbito local de cada Centro de Conservación. Ello permitirá optimizar el empleo de los recursos disponibles de vialidad invernal. Para ello es fundamental disponer de estaciones meteorológicas locales dotadas de sensores de calzada. Además se deberá disponer de una formación suficiente para

interpretar los datos meteorológicos registrados por las estaciones meteorológicas así como un conocimiento del clima local.

Como apoyo a todo lo anterior, debe ser objeto de análisis la contratación de servicios meteorológicos privados que faciliten información detallada de ámbito local así como el asesoramiento de meteorólogos de guardia, que en tiempo y forma permita programar los trabajos de vialidad invernal adecuados.

Respecto a este ámbito de trabajo de la meteorología aplicada a la vialidad invernal, hay muchos campos que desarrollar, como pueden ser los siguientes:

- ***Desarrollo de sensores de salinidad continuos equipados sobre vehículos con software de recogida y transmisión de datos en tiempo real.***
- ***Integración de equipos y sistemas con los que se encuentran dotados los distintos sectores de carreteras, como pueden ser estaciones meteorológicas, sensores inteligentes de asfalto, estaciones meteorológicas móviles, registros históricos de datos meteorológicos locales, etc...***
- ***Desarrollo de herramientas que integren los distintos equipos y sistemas existentes, modelos y predicciones meteorológicas, información de salinidad existente en la calzada y que permitan optimizar la toma de decisiones para la planificación de tratamientos preventivos con las necesidades reales de la carretera.***

La obtención de unas herramientas potentes de apoyo en la planificación de los tratamientos preventivos proporcionará las siguientes ventajas:

- ***Reducción general de costes.***
- ***Seguridad en la toma de decisiones.***
- ***Planificación de tratamientos preventivos adecuados a las circunstancias reales.***

Por otro lado, se considera necesario, con carácter previo a los puntos anteriores, adoptar unos criterios objetivos, adecuados y eficientes, que establezcan bajo qué condiciones, deben realizarse los tratamientos, principalmente los tratamientos preventivos.

Analizaremos para ello un caso real como es tratamiento que se da en España a las actuaciones de vialidad invernal en los contratos de autovías de primera generación, en concreto, al tramo de la A-31 (Madrid - Alicante) entre los ppkk 29,8 y 124,0, con una longitud de 94,2 km.

Como ya se ha indicado con anterioridad, el nivel de exigencia de la Administración General del Estado, en cuanto a vialidad invernal se refiere, es muy alto, priorizando la seguridad vial.

Para ello, se define en los citados contratos un indicador de calidad y servicio, denominado I17 "Vialidad Invernal", en el cual se establecen los siguientes umbrales:

- Placas de hielo: ninguna. En caso de incumplimiento, además de la penalidad se incurrirá en falta grave con opción a rescisión del contrato.
- Porcentaje (%) de longitud con tratamiento de sal aplicado con temperatura ambiente real o prevista inferior a 2 °C: 100 %. En caso de incumplimiento, además de la penalidad se incurrirá en falta grave con opción a rescisión del contrato.

Como vemos en el extracto del indicador, el único criterio preestablecido por la Administración para decidir, si se debe o no realizar un tratamiento preventivo, es el de la temperatura, real o prevista. Este último detalle es importante, ya que para un tramo como el que nos ocupa (próximo a los 100km de longitud), debe actuarse con varias horas de antelación, respecto a la hora prevista de temperatura inferior a 2 °C.

Para el tramo de autovía de ejemplo, en la campaña de vialidad invernal 2012-2013, la prescripción del indicador que hemos visto obligó a realizar tratamientos preventivos 61 días, con un consumo total de salmuera de más de 1.800 tn.

Mes	Tratamientos realizados por Aullasa en la campaña de vialidad invernal 2012-2013				
	Tratamientos preventivos		Tratamientos curativos		
	Días tratados	Tn salmuera	Días tratados	Tn salmuera	Tn sal
nov-12	4	130	0		
dic-12	18	540	0		
ene-13	16	492	0		
feb-13	15	462	1	113	258
mar-13	6	188	1	74	128
abr-13	2	60	0		
Total fundentes empleados (tn)		1,872		187	386

Cuadro nº 3 - Tratamientos realizados por Aullasa en la campaña de vialidad invernal 2012-2013

Mediante el tratamiento preventivo, se pretende hacer frente a fenómenos que afecten a la calzada y consecuentemente, a los usuarios de la vía. Estos fenómenos son, principalmente, la helada y la precipitación en forma de nieve. Nos centraremos en la helada.

La helada es un fenómeno climático que consiste en un descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua y hace que el agua o el vapor que está en el aire se congele depositándose en forma de hielo en las superficies.

Más precisamente, la Organización Meteorológica Mundial habla de helada en el suelo, en referencia a diversos tipos de cobertura de hielo sobre el suelo, producidas por la deposición directa del vapor de agua.

Por lo tanto, para que se produzca hielo, debe haber agua, bien en forma líquida, por precipitación (lluvia o nieve) o bien en forma de vapor de agua, combinado con temperatura adecuada al proceso de helada.

El punto de congelación del agua, como bien es sabido, se sitúa en 0 °C para el agua pura, por lo que podríamos considerar que el indicador establece un "margen de seguridad" de 2 °C para realizar los tratamientos preventivos frente a la helada.

Pero para la formación de hielo, además de la condición de temperatura, es necesario que se de una segunda condición, y esta es que la humedad relativa del aire sea superior al 60%. Este es el límite para la formación de escarcha, que podría considerarse como el primer estadio del proceso de formación del hielo.

Relacionado con la humedad relativa, y tal vez más intuitivo, es el concepto de temperatura de rocío, que es la temperatura a la que empieza a condensar el vapor de

agua contenido en el aire, produciendo rocío, niebla o si la temperatura es a su vez inferior a 0°C, escarcha o hielo.

Sin embargo, en los umbrales del indicador que hemos visto, no se tiene en cuenta este factor, a pesar de ser una condición necesaria para la formación de hielo.

Los sistemas actuales de predicción meteorológica se pueden considerar que presentan un grado elevado de precisión. En el tramo que estamos estudiando, la sociedad concesionaria dispone de tres estaciones meteorológicas. A modo de ejemplo, se muestra en la siguiente gráfica el registro de temperaturas previstas vs temperaturas registradas para una de las estaciones meteorológicas:

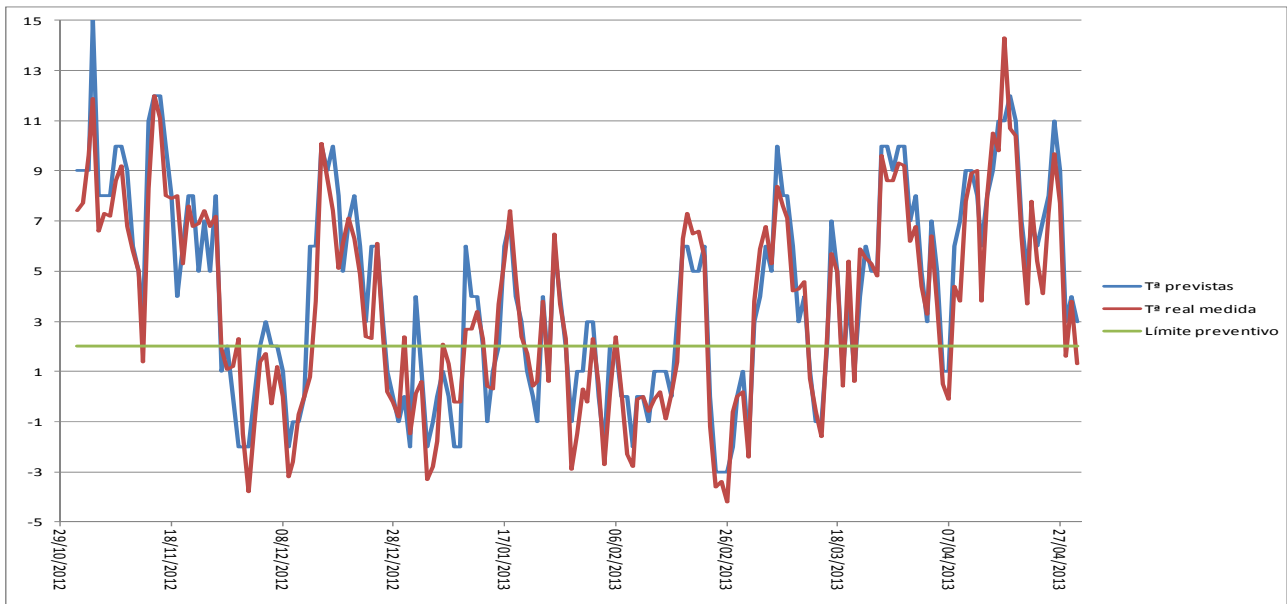


Fig. 2: Temperaturas previstas vs temperaturas reales

El gráfico anterior corresponde a la estación de la Agencia Estatal de Meteorología correspondiente a Albacete, ubicada a escasos 2 km del tramo y a menos de 5 km de una estación del tramo en estudio.

De los 70 días que la Agencia Estatal de meteorología predijo que la temperatura sería inferior a 2 °C, en 62 días se registró tal temperatura (< 2 °C). En los 8 restantes, se registraron temperaturas superiores. Si bien por otro lado, 8 días se registraron temperaturas inferiores a 2 °C que no habían sido previstas por AEMET. Es decir, prácticamente el 90% de las previsiones se cumplieron.

Por otro lado, en esos mismos 70 días, en 60 de ellos la humedad relativa del aire fue superior al 60%, por lo que en 10 de ellos, no se daban condiciones ni siquiera para la formación de escarcha.

Modificación de los umbrales siguiendo criterios de eficiencia

De lo expuesto en los apartados anteriores, se concluyen dos modificaciones de los criterios de actuación, que representan una clara mejora de la eficiencia:

- reducir el umbral de temperatura para los tratamientos preventivos dada la precisión actual en los sistemas de predicción meteorológica, **pasando de 2 °C a 1 °C**.

Para los datos de la campaña de vialidad invernal analizados, se habría pasado de los 70 días previstos a 60 días, reduciéndose por lo tanto un **15%** los tratamientos preventivos.

- incorporar al umbral de temperatura la humedad relativa del aire, de tal forma que el criterio no sea exclusivo de temperatura, sino combinado, estableciéndose la obligatoriedad de realizar un tratamiento preventivo **cuando la temperatura (real o prevista) sea inferior a 1 °C y la humedad relativa superior al 60%**.

Volviendo a la campaña analizada, y para la estación meteorológica de Albacete, los criterios combinados de temperatura y humedad relativa, habrían supuesto actuar 51 días, frente a los 70 previstos, lo que supone una reducción de un **27%** sobre los tratamientos previstos.

Durante la próxima campaña de vialidad invernal 2013-2014, se realizará un seguimiento exhaustivo de los parámetros citados, temperaturas previstas vs reales, humedad relativa, temperatura de rocío, etc, además de incorporar otros parámetros como pueden ser el viento, la precipitación, el tipo de precipitación, etc.