

# **MONOGRAFÍA**

LAS OPERACIONES DE  
CONSERVACIÓN EN  
VIALIDAD INVERNAL

**Monografía. Las operaciones de conservación en vialidad invernal**

Edita: Asociación de Empresas Conservación y Explotación de Infraestructuras (Acex)  
Agustín de Betancourt, 21 6º. 28003 Madrid | Tel.: 91 535 71 68 Fax: 91 534 40 89  
[www.acex.eu](http://www.acex.eu)

ISBN 978-84-617-5164-8

## ÍNDICE

### 1. Introducción, objeto y definición

1.1.- Introducción.....	10
1.2.- Objetivo de la monografía.....	12
1.3.- Definición.....	13

### 2. La meteorología y los fenómenos meteorológicos que afectan a la vialidad de las carreteras

2.1.- Definición meteorología.....	16
2.2.- Variables meteorológicas.....	16
2.2.1.- La temperatura.....	16
2.2.2.- La presión atmosférica.....	16
2.2.3.- El viento.....	16
2.2.4.- Humedad.....	16
2.2.5.- Las precipitaciones.....	17
2.3.- La observación del tiempo.....	17
2.4.- Los mapas meteorológicos.....	17
2.5.- La predicción del tiempo.....	18
2.6.- Sistema de información de avisos meteorológicos.....	18
2.7.- Meteorología en España.....	19
2.8.- Los fenómenos meteorológicos que afectan a la vialidad de las carreteras.....	20
2.8.1.- La nieve.....	20
2.8.2.- Aguanieve.....	22
2.8.3.- La helada.....	22
2.8.4.- El granizo.....	23
2.8.5.- La lluvia engelante.....	25
2.8.6.- El rocío.....	26
2.8.7.- La escarcha.....	26
2.8.8.- La cencellada blanca.....	27
2.8.9.- La niebla.....	27

### 3. Conocimiento del tramo y condiciones de entorno

3.1.- Introducción.....	30
3.2.- Altitud.....	30
3.3.- Firmes.....	30
3.4.- Elementos de contención.....	30
3.5.- Trazado.....	31
3.6.- Pendientes.....	31

3.7.- Ventisqueros.....	31
3.8.- Zonas singulares.....	32
3.9.- Puntos estratégicos.....	33
3.10.- Conclusiones.....	34

## 4. Fundentes emoleados en los trabajos de vialidad invernal

4.1.- Antecedentes.....	36
4.2.- Aspectos generales.....	36
4.2.1.- Descripción general.....	36
4.2.2.- Temperatura y concentración eutéctica.....	37
4.2.3.- Temperatura de trabajo.....	37
4.2.4.- Técnicas de aplicación.....	37
4.2.5.- Dotación.....	37
4.2.6.- Impacto en la infraestructura.....	38
4.2.7.- Precio.....	38
4.3.- El fundente químico.....	39
4.3.1.- Principio de acción de los fundentes.....	39
4.3.2.- Comportamiento químico-físico tras el extendido en carretera.....	40
4.3.3.- Cloruro sódico (ClNa).....	41
4.3.4.- Cloruro cálcico (Cl <sub>2</sub> Ca).....	42
4.3.5.- Otros fundentes menos usuales.....	43
4.3.5.1.- Cloruro de Magnesio (MgCl <sub>2</sub> ).....	43
4.3.5.2.- Urea (CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> ).....	43
4.3.5.3.- Alcoholes y glicoles.....	44
4.3.5.4.- Acetato de Calcio de Magnesio.....	44
4.4.- Empleo de los fundentes.....	44
4.4.1.- Formas de empleo.....	44
4.4.2.- Dosificaciones.....	45
4.5.- Almacenamiento de fundentes.....	46
4.6.- I+D+I.....	47
4.7.- Proyecto de borrador de norma europea.....	48

## 5. Equipos (maquinaria)

5.1.- Introducción.....	50
5.2.- Chasis portante.....	50
5.3.- Máquinas de empuje.....	52
5.3.1.- Hojas quitanieves.....	52
5.3.2.- Cuñas quitanieves.....	54
5.4.- Esparcidores de fundente.....	55

5.4.1.- Esparcidores de fundente sólido.....	58
5.4.2.- Esparcidores de fundente líquido / salmuera.....	60
5.4.3.- Esparcidores de fundente mixtos.....	61
5.5.- Máquinas dinámicas.....	61
5.5.1.- Turbinas.....	61
5.5.2.- Fresas.....	62
5.5.3.-Turbofresas.....	63
5.6.- Maquinas Auxiliares.....	63
5.7.-Mantenimiento.....	64

## 6. Sistemas de comunicaciones integrados para la gestión de la vialidad invernal —

6.1.- Introducción.....	68
6.2.- Tipos de comunicaciones.....	68
6.2.1.- Necesidades de los usuarios de los servicios de supervisión.....	68
6.2.2.- Necesidades de los jefes de operaciones.....	68
6.2.3.- Necesidades de los operarios de vehículos de esparcido de fundentes.....	68
6.3.- Requisitos de las comunicaciones.....	69
6.3.1.- Requerimientos de comunicaciones de las unidades móviles.....	69

## 7. Instalaciones y medios auxiliares —

7.1.- Centro de conservación y explotación.....	72
7.1.1.- Comunicaciones y gestión de flotas; recepción de datos provenientes de los equipos quitanieves, de las estaciones meteorológicas y de los equipos automatizados de aspersión de fundentes.....	72
7.1.2.- Sistemas de emergencia.....	72
7.1.3.- Suministro de combustible en alertas por condiciones climatológicas adversas.....	72
7.1.4.- Instalaciones para el personal laboral.....	72
7.1.5.- Nave garaje/taller/almacenamiento bajo cubierta.....	73
7.1.6.- Instalaciones para almacenamiento de material fundente sólido a granel.....	73
7.1.6.1.- Nave para almacenamiento de fundente sólido a granel.....	73
7.1.6.2.- Silo elevado para lmacenamiento de fundente sólido.....	74
7.1.7.- Instalaciones para almacenamiento de material fundente sólido en big-bag.....	75
7.1.8.- Instalaciones para fabricación y almacenamiento de fundente líquido.....	75
7.2.- Centro de apoyo para el servicio de vialidad invernal.....	76
7.3.- Elementos auxiliares.....	77
7.3.1.- Almacenamiento de fundente sólido.....	77
7.3.2.- Sistemas de prevención de formación de hielo.....	78
7.3.2.1.- Estaciones meteorológicas fijas.....	78
7.3.2.2.- Estaciones meteorológicas móviles.....	80

7.3.2.3.- Sistemas automatizados de aspersión-pulverización de fundente líquido en zonas singulares (viaductos, umbrías, acceso a túneles, etc.).....	80
7.3.3.-Sistemas fijos/móviles de vigilancia mediante circuito cerrado de cámaras (webcam).....	83
7.4.- Infraestructura viaria.....	84
7.4.1.- Viseras antialudes.....	84
7.4.2.- Túneles.....	84
7.4.3.- Estructuras anti-aludes.....	84
7.4.4.- Aparcamientos de vialidad invernal.....	84
7.4.5.- Áreas de colocación de cadenas.....	84
7.4.6.- Barreras antiventisqueros.....	84
7.5.- Señalización y balizamiento.....	86
7.5.1.- Paneles informativos.....	86
7.5.2.- Señalización estacional.....	86
7.5.3.- Señalización fija meteorológica.....	86
7.6.- Servicios externos.....	86
7.6.1.-Provocación dealudes.....	86
7.6.2.-Retirada de nieve por aludes.....	86

## 8. Coordinación, planes operativos y técnicas de actuación

8.1.- Protocolo sobre coordinación de los órganos de la administración general del estado, ante nevadas y situaciones meteorológicas extremas que puedan afectar a la red de carreteras del estado.....	89
8.1.1.-Objetivos.....	89
8.1.2.-Sistemas de información meteorológica y alertas.....	89
8.1.3.- Previsiones a nivel central.....	90
8.1.3.1.- Comité estatal de coordinación.....	90
8.1.3.2.- Unidad de valoración de riesgos.....	90
8.1.4.- Previsiones a nivel territorial.....	91
8.1.4.1.-Organización.....	91
8.1.4.2.-Procedimientos operativos.....	91
8.1.4.2.1.- Previsiones generales.....	91
8.1.4.2.2.- Previsiones según fases de evolución de la situación.....	92
8.1.4.2.3.- Procedimientos específicos sobre restricciones al tráfico.....	93
8.1.5.- Previsiones especiales para los accesos a las grandes ciudades.....	94
8.2.- Protocolo provincial de coordinación de actuaciones ante situaciones de nevadas en la red de carreteras del Estado.....	96
8.2.1.- Objeto del protocolo.....	96
8.2.2.- Características geográficas, climatológicas y socioeconómicas de la provincia.....	96
8.2.3.- Puntos potencialmente conflictivos en la red de carreteras del Estado.....	96
8.2.4.- Sistemas de información y alerta.....	97

8.2.4.1.- Información meteorológica.....	97
8.2.4.2.- Alerta.....	97
8.2.4.3.- Información de retorno.....	97
8.2.5.- Fases y situaciones.....	98
8.2.5.1.- Fase de preemergencia (Situación 0).....	98
8.2.5.2.- Fase de emergencia.....	98
8.2.6.- Organización.....	98
8.2.6.1.- Dirección.....	98
8.2.6.2.- Comité asesor.....	98
8.2.6.3.- Gabinete de información.....	99
8.2.7.- Procedimiento operativo.....	99
8.2.7.1.- Fase de preemergencia (Situación 0).....	99
8.2.7.2.- Fase de emergencia.....	99
8.3.- Protocolos o planes de vialidad invernal de comunidades autónomas y otras administraciones públicas.....	100
8.3.1.- Objetivos.....	100
8.3.2.- Datos generales.....	100
8.3.3.- Definición del mapa de riesgos. Identificación de las zonas de riesgo.....	101
8.3.4.- Época de riesgo.....	101
8.3.5.- Tipo de niveles de alerta.....	101
8.3.6.- Operatividad.....	103
8.3.7.- Actuaciones.....	103
8.3.8.- Medios materiales y humanos para la vialidad invernal.....	104
8.4.- Planes operativos.....	104
8.5.- En conclusión.....	106
8.6.- Técnicas de actuación.....	107

## 9. Recursos humanos y seguridad y salud

9.1.- Introducción.....	110
9.2.- Condicionantes previos.....	110
9.3.- Identificación, estimación y valoración de los riesgos.....	110
9.4.- Actividad preventiva.....	112

## 10. Medio ambiente

10.1.- Introducción.....	116
10.2.- El medio ambiente.....	116
10.3.- Sistemas de gestión ambiental.....	117
10.4.- Buenas prácticas en la ejecución.....	118
10.4.1.- Consumo de agua.....	118

10.4.2.- Consumo de energía.....	119
10.4.3.- Residuos generados.....	119
10.4.4.- Contaminación atmosférica.....	120
10.4.5.- Contaminación acústica.....	120
10.4.6.- Contaminación del suelo.....	120
10.4.7.- Contaminación de ecosistemas naturales.....	121
10.4.8.- Impacto visual.....	121
10.5.- Oportunidades de mejora ambiental en la actividad.....	121
10.5.1. Ciclo de vida.....	121
10.5.2. Eficiencia energética ISO 50001.....	123
10.5.3. Economía circular.....	123
10.5.4. Huella de carbono.....	124



# INTRODUCCIÓN, OBJETO Y DEFINICIÓN

- 1.1.- Introducción, objeto y definición.....10
  - 1.1.- Introducción.....10
  - 1.2.- Objeto de la monografía.....12
  - 1.3.- Definición.....13



## 1.1.- INTRODUCCIÓN

En España se han invertido en los últimos veinticinco años más de 125.000 millones de euros en la construcción y conservación de las carreteras. Este importante esfuerzo inversor no ha llevado consigo, sin embargo, un incremento significativo en la longitud total de las redes de carreteras de las administraciones públicas propietarias de las mismas, ya que tampoco se ha visto necesario, aunque sí ha supuesto un incremento en la capacidad y seguridad vial de estas vías de comunicación terrestre.

Las carreteras españolas, año tras año, siguen manteniendo su preponderancia en el conjunto de los diversos modos de transporte en España. Los últimos datos publicados cifran que más del 91% de tráfico de pasajeros (en viajeros por km) y más del 84% del transporte de mercancías (en toneladas por km) se realiza por carretera.

Los porcentajes, en muchas ocasiones, no llegan a expresar de forma suficientemente clara lo que realmente indican. Pongamos algunos ejemplos que puedan servir para "romper la frialdad" que transmiten estos porcentajes y aproximar la importancia que tiene la carretera.

Así, si hablamos de transporte por mercancías, y atendemos al paso de éstas por las fronteras, punto clave en las comunicaciones y relaciones comerciales de un país, podemos decir que hoy en día, en la frontera francesa, se produce un paso diario de 20.000 camiones y de tan solo 400 vagones con mercancías ferroviarias. Y si atendemos al transporte de viajeros podemos decir que por cada

5 viajeros que utilizan el AVE, 10.000 lo hacen por carretera.

Alguien ha afirmado: "Si la carretera no estuviese inventada tendríamos necesidad de inventarla", y atendiendo a su utilización, esa afirmación es una auténtica realidad.

Hoy nos encontramos con una extensa red de carreteras, en la que destaca el importante peso que en ella tienen las vías de alta capacidad, complementada con una amplia red que facilita la capilaridad de las comunicaciones en el ámbito regional.

El patrimonio viario que tiene este país, sin tener en cuenta las redes locales, supera holgadamente los 210.000 millones de euros. Hoy no podríamos, aunque quisiéramos, construir esta importante red de carreteras. Por lo que su conservación es una necesidad a fin de poder asegurar su sostenibilidad no ya sólo presente sino futura.

No debe olvidarse, además, que el conjunto de carreteras de nuestro país constituye el segundo valor patrimonial del Estado, solo superado por la masa forestal, por lo que la atención sistemática a su conservación y mantenimiento constituye una necesidad para asegurar la sostenibilidad de estas redes de transporte. La conservación es una necesidad, no es ningún capricho.

Además, conservar las carreteras es una responsabilidad para con la sociedad. Si queremos que la carretera mantenga la funcionalidad del día de su puesta en servicio, es necesario actuar de forma continuada sobre ella, sobre sus elementos y sobre



los servicios que nos proporciona como usuarios y ciudadanos. Por ello, los gestores de las carreteras y los técnicos de las empresas de conservación deben asegurar que las condiciones de la puesta en servicio de una carretera sigan manteniéndose durante su fase de explotación, es decir, a lo largo de su vida útil.

Numerosas son las actividades que se han de realizar en la carretera para mantener las condiciones de su puesta en servicio, así se ha de asegurar el mantenimiento de las distancias de visibilidad, el correcto estado de los niveles de reflexión de la señalización tanto horizontal como vertical, el control de la vegetación de los márgenes a fin de asegurar la visibilidad de la señalización, la limpieza de la calzada, su adherencia y regularidad, el buen funcionamiento del drenaje longitudinal y transversal, tal que se favorezca la evacuación de las aguas de lluvia, y la reposición, con rapidez, de aquellos elementos de contención y/o balizamiento que se hayan visto afectados por cualquier tipo de incidencia,... sin olvidar, naturalmente, la atención a los firmes en lo relativo a su regularidad, comodidad y adherencia.

No debemos olvidar que la carretera debe mantener los niveles de seguridad viaria establecidos en su diseño, sin que éstos se vean disminuidos por el paso del tiempo, por la afección del tráfico o por el normal deterioro de las cualidades iniciales de sus elementos. Por tanto, hemos de programar de forma sistemática la realización de aquellas operaciones de conservación que tengan como finalidad asegurar el mantenimiento de los parámetros iniciales de funcionamiento de la carretera.

La conservación y mantenimiento de las redes de carreteras, además de colaborar no sólo a mantener, sino a favorecer, la seguridad viaria (en la seguridad vial intervienen además los vehículos y conductores) constituye una inversión de alta eficacia y de muy notable eficiencia. Contribuyendo no sólo a alcanzar el objetivo último de alargar la vida de la infraestructura, y hacerlo manteniendo la seguridad de la circulación, sino a lograrlo mediante una adecuada utilización de los recursos disponibles, que además siempre son escasos.

Gracias a la conservación se está aguantando, con razonable dignidad, este fuerte y largo periodo de restricciones presupuestarias de las inversiones dedicadas a las carreteras por parte de las diversas administraciones.

Se ha avanzado mucho en la concienciación, por parte de los gestores públicos, de la necesidad de abordar la conservación y mantenimiento de las



carreteras de forma sistemática. Pero también es verdad que aún queda mucho camino por recorrer. Y no acabaremos de recorrer este camino hasta que sean los propios usuarios de las carreteras, tanto como conductores de los vehículos que por ella circulan como ciudadanos que pagan sus impuestos, los que demanden a los gestores públicos que focalicen los esfuerzos inversores en la conservación y que sólo una vez cubiertas las necesidades de ésta avancen en la construcción de nuevos tramos de carreteras, buscando con ello la eficacia y eficiencia de las inversiones públicas.

Se ha demandado que la asignación de recursos a la conservación se establezca mediante una ley que asegure una inversión mínima anual, como un porcentaje del valor patrimonial de las carreteras. Pero realmente lo importante no es promulgar una ley, que siempre se puede cambiar, lo importante es ser consciente de la necesidad y la responsabilidad que exige asegurar que la red de carreteras funcione. Es necesario estar convencido de que nos encontramos ante una necesidad que hemos de satisfacer para lograr la sostenibilidad del sistema de comunicaciones viario.

Cuando las inversiones destinadas a la conservación de las carreteras, en los presupuestos generales de las diversas administraciones, superen a las inversiones destinadas a construcción de nuevas carreteras, podremos comenzar a decir que vamos por el buen camino. Y ello independientemente de si la inversión total en carreteras es grande o pequeña, suficiente o insuficiente, lo cual vendrá influido por el estado general del país, por su endeudamiento, por su deuda, por su déficit, por su balanza de pagos o por la política de transportes de un gobierno.

Siempre debe anteponerse la conservación de lo que tenemos a la realización de nuevas infraestructuras que mejorarán, sin duda alguna, las condiciones de los ciudadanos, que además será necesario conservarlas, incrementando las necesidades de recursos futuros.

Recordemos que el porcentaje de la inversión destinado a conservación, con relación al total de las inversiones en carreteras, es un índice del grado de desarrollo de un país. Y en ese ranking no ocupamos un lugar preferente entre nuestros países vecinos, que dedican muchos más recursos que nuestro país a la conservación de sus carreteras.

Conservar es progresar, pero además debemos añadir que se debe conservar por convencimiento y responsabilidad, reivindicando la necesidad de invertir en la conservación y el mantenimiento de nuestras carreteras por el bien del país y de sus ciudadanos.

## 1.2.- OBJETIVO DE LA MONOGRAFÍA

La conservación sistemática de las carreteras debe cumplir los siguientes objetivos:

- Asegurar las condiciones de vialidad de la red en las mejores condiciones, de tal forma que la circulación por ellas se realice siempre con la máxima seguridad, confortabilidad y fluidez posible.
- Prolongar la vida útil de la carretera.
- Mantener su valor patrimonial.

Entre el conjunto de operaciones de conservación ordinaria que se realizan de forma sistemática en las diversas redes de carreteras destacan por su importancia e influencia las operaciones para el mantenimiento de la vialidad en época invernal.

La ubicación geográfica de nuestro país, con una situación latitudinal de la Península, al sur de la zona templada del hemisferio norte, hace que cara a gestionar los diversos episodios de vialidad invernal no nos podamos plantear "cohabitar" con la nieve, es decir que el objetivo sea programar las actividades para retirar la nieve lo más rápidamente posible, sin que se acumule en la calzada y que tampoco se puedan presentar placas de hielo en la misma, para lo cual se programarán y realizarán actuaciones preventivas que minimicen los efectos del temporal.

Para lograr estos objetivos son numerosas las variables que intervienen, desde el conocimiento con suficiente antelación de la llegada del temporal,

a la programación de las actividades preventivas, al correcto funcionamiento de los equipos y de las comunicaciones entre ellos, a la coordinación tanto interna entre los operarios de conservación como externa con otros agentes implicados, a la existencia de fundentes suficientes, su almacenaje, a la fabricación de salmueras, a la optimización del extendido y sus recorridos, al conocimiento de la salinidad de la calzada, al establecimiento de cortes parciales según el tipo de tráfico,... y siempre asegurando una información veraz y en tiempo real al usuario.

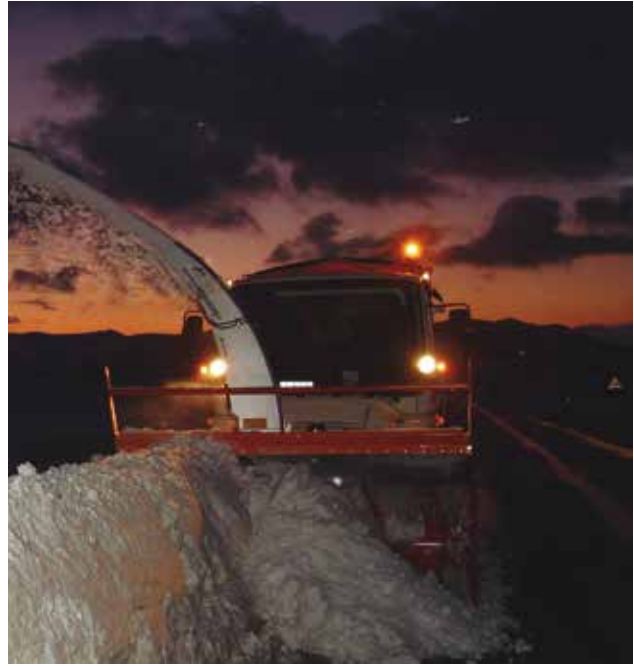
En suma, nos encontramos ante una actividad, la de vialidad invernal, con un importante peso tecnológico que es necesario conocer y poner en valor. Máxime teniendo en cuenta la repercusión mediática que la vialidad invernal tiene en nuestro país.

Desde la Asociación de Empresas de Conservación y Explotación de Infraestructuras, ACEX, se ha impulsado la realización de un documento en el que se recoja el estado actual de la técnica y de los medios disponibles, en el que se ponga en valor la necesidad de planificación y coordinación entre las administraciones, presentando las técnicas de actuación, reflexionando sobre la seguridad y salud de los medios humanos que realizan las operaciones de vialidad invernal y considerando los aspectos medioambientales de esta actividad.

Para ello se ha reunido a las empresas de conservación de carreteras asociadas en Acex y a las principales empresas proveedoras de equipos y medios auxiliares del sector de la vialidad invernal en España.

Es de justicia agradecer a todos los colaboradores que han hecho posible esta monografía su participación y dedicación para que "Las operaciones de conservación en vialidad invernal" haya podido hacerse realidad. Dicho grupo de trabajo ha estado formado por:

- Julián Asenjo (Alvac).
- María Ángeles Basurto (Valoriza conservación de infraestructuras).
- José Coiradas (Aebi Schmidt).
- Luis Fernández (Audeca).
- Julio Fonseca (Infonorte).
- Gregorio García (Innovia Coptalia).
- Mario González (Lagon Rubber).
- Óscar Martín (Villar gestión de infraestructuras).
- Álvaro Núñez (Elsamex).
- Javier Palacios (Emsa).
- Félix Romera (Villar gestión de infraestructuras).
- Fernando Sanz (Maquiasfalt).
- José Vidal (Imesapi).



### 1.3.- DENIFICIÓN

Las actuaciones para el mantenimiento de la vialidad en época invernal, son el conjunto de actuaciones tendentes a evitar, minimizar o eliminar, en su caso, la presencia de nieve o hielo en la calzada.

Los fenómenos meteorológicos invernales que por humedad y bajas temperaturas pueden provocar la presencia de hielo o nieve, tienen influencia directa en las condiciones de circulación de los vehículos por las carreteras.

La conservación, entre sus objetivos, tiene el de procurar que la circulación por las carreteras se realice con la mayor seguridad y confortabilidad posible. Y por tanto han de realizarse todas aquellas actuaciones tendentes a evitar o minimizar las perturbaciones al tráfico.

Las operaciones de vialidad invernal se clasifican en:

- Tratamientos preventivos.
- Tratamientos curativos.

De forma complementaria deben tenerse en cuenta otra serie de actuaciones que son necesarias para minimizar las afecciones a la circulación por la meteorología invernal. Como son:

- Predicciones meteorológicas.
- Análisis pormenorizado de la zona y optimización de los equipos disponibles.

- Información al usuario veraz y en tiempo real
- Coordinación con otros organismos

Por todo ello, se hace imprescindible la elaboración de planes operativos que, partiendo del conocimiento del tramo de carretera sobre el que se debe actuar y de los medios disponibles para la realización de operaciones para el mantenimiento de la vialidad invernal, establezcan la metodología a seguir en cada caso, partiendo de la fijación de niveles de servicio y de restricciones a la circulación, segregados por tipología de tráfico, y establezcan cómo debe realizarse la coordinación de los diversos agentes que intervienen y cómo debe transmitirse la información a los usuarios.

En los planes operativos se debe definir la estructura organizativa y los procedimientos para la ejecución de los trabajos de vialidad invernal de la red de carreteras. Los planes deben incluir al menos:

- Tramificación de las carreteras en función del riesgo meteorológico.
- Establecimiento de las épocas de riesgo en función de las previsiones generales.
- Establecimiento de los tipos de niveles o alertas.
- Establecimiento y coordinación de manera eficaz los medios materiales y humanos para mantener unas óptimas condiciones de seguridad, comodidad y fluidez en la carretera. Fijando los tipos y tratamiento a realizar, y el cómo y el cuándo deben ser ejecutados.

- Establecimiento de la coordinación entre todos los agentes implicados, titular de la carretera, tráfico, protección civil,...
- Establecimiento de la metodología de transmisión de la información, más eficaz, a los usuarios, buscando la veracidad de la misma y que ésta se realice en tiempo real.

Es necesario tener en cuenta que los medios disponibles para la realización de las operaciones de vialidad invernal deben ser los adecuados a las necesidades del tráfico y a la tipología del tramo de carretera sobre el que se debe actuar, sobre la base de unas condiciones meteorológica razonables a soportar.

Es evidente que situaciones meteorológicas extremas, por intensidad de la precipitación o por la falta de visibilidad, etc. pueden producir que no se pueda asegurar el mantenimiento del tráfico en todo momento. Ello puede verse acentuado además por la existencia de incidentes externos, como accidentes de circulación, vuelcos,... que impidan mantener la circulación abierta. Pero además, y debemos ser consciente de ello, la vialidad invernal crece exponencialmente con la eficacia del servicio requerido, por lo que debe fijarse un nivel de servicio aceptado por la sociedad y cuyo coste sea asumible para ella. Debiendo quedar claro que la inversión en vialidad invernal es una necesidad y siempre es rentable para el país pues con ello se permite asegurar la movilidad de las personas y mercancías.

La cuantificación económica de la vialidad invernal en España viene representada por la importante inversión en medios mecánicos (equipos quitanieves), humanos (conductores, vigilantes, atención telefónica,...) y materiales (fundentes sólidos, salmueras, almacenes y silos de acopio e instalaciones especiales) que las diversas administraciones destinan al mantenimiento de la vialidad de las carreteras en la época invernal.

Así, en la campaña de vialidad invernal 2014-2015, el Ministerio de Fomento dispuso en la Red de Carreteras del Estado de 1.311 máquinas quitanieves y 236.330 toneladas de fundentes, distribuidas en 367 almacenes y 510 silos. Y que en la campaña 2015-2016, han pasado a ser 1.334 máquinas quitanieves y 240.877 toneladas de fundentes, principalmente sal, distribuidas en 354 almacenes y 520 silos, y 36 aparcamientos de emergencias distribuidos estratégicamente a lo largo de su red, lo que supone una inversión que se sitúa por encima de los 65 millones de euros.

A ello es necesario añadir los recursos que destinan las diversas administraciones autonómicas, diputaciones forales y cabildos, además de los de las diputaciones provinciales, por lo que las cifras dadas para el Ministerio de Fomento, pueden verse duplicadas en la totalidad de la red de carreteras españolas, pudiendo cifrarse en 2.500 el número de equipos quitanieves, y en 400.000 el número de toneladas de fundentes a emplear, y una inversión que estaría en el entorno de los 120 millones de euros.





# LA METEOROLOGÍA Y LOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS QUE AFECTAN A LA VIALIDAD DE LAS CARRETERAS

2.1.- Definición meteorología.....	16	2.7.- Meteorología en España.....	19
2.2.- Variables meteorológicas.....	16	2.8.- Los fenómenos meteorológicos que afectan a la vialidad de las carreteras.....	20
2.2.1.- La temperatura.....	16	2.8.1.- La nieve.....	20
2.2.2.- La presión atmosférica.....	16	2.8.2.- Aguanieve.....	22
2.2.3.- El viento.....	16	2.8.3.- La helada.....	22
2.2.4.- Humedad.....	16	2.8.4.- El granizo.....	23
2.2.5.- Las precipitaciones.....	17	2.8.5.- La lluvia engelante.....	25
2.3.- La observación del tiempo.....	17	2.8.6.- El rocío.....	26
2.4.- Los mapas meteorológicos.....	17	2.8.7.- La escarcha.....	26
2.5.- La predicción del tiempo.....	18	2.8.8.- La cencellada blanca.....	27
2.6.- Sistema de información de avisos meteorológicos.....	18	2.8.9.- La niebla.....	27



## 2.1.- DEFINICIÓN METEOROLOGÍA

Es la ciencia que se ocupa del estudio de los fenómenos que ocurren a corto plazo en las capas bajas de la atmósfera, es decir, donde se desarrolla la vida de los seres humanos, plantas y animales.

La meteorología estudia los cambios atmosféricos que se producen a cada momento, utilizando parámetros como la temperatura del aire, su humedad, la presión atmosférica, el viento o las precipitaciones.

## 2.2.- VARIABLES METEOROLÓGICAS

### 2.2.1.- LA TEMPERATURA

La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente o frío que puede ser medida con un termómetro.

Es por todos conocido que la temperatura es una de las magnitudes más utilizadas para describir el estado de la atmósfera. De hecho, la información meteorológica que aparece en los medios de comunicación casi siempre incluye un apartado dedicado a las temperaturas. Sabemos que la temperatura del aire varía entre el día y la noche, entre una estación y otra, y también entre una ubicación geográfica y otra. En invierno puede llegar a estar bajo los 0° C y en verano superar los 40° C. Para medir la temperatura, tenemos que basarnos en propiedades de la materia que se ven alteradas cuando ésta cambia: la resistencia eléctrica de algunos materiales, el volumen de un cuerpo, el color de un objeto, etc. El instrumento que se utiliza para medir la temperatura se llama termómetro y fue inventado por Galileo en 1593.

Las escalas de medición de la temperatura se dividen fundamentalmente en dos tipos, las relativas y las absolutas. Los valores que puede adoptar la temperatura en cualquier escala de medición, no tienen un nivel máximo, sino un nivel mínimo: el cero absoluto. Mientras que las escalas absolutas se basan en el cero absoluto, las relativas tienen otras formas de definirse.

Los sistemas más usuales para medir la temperatura son los grados Kelvin, Celsius (comúnmente conocidos como centígrados) y Fahrenheit.

### 2.2.2.- LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA

El aire que nos rodea, aunque no lo notemos, pesa y, por tanto, ejerce una fuerza sobre todos los cuerpos debida a la acción de la gravedad. Esta fuerza por unidad de superficie es la denominada presión atmosférica, cuya unidad de medida en el Sistema Internacional es el Pascal (1 Pascal = 1N/m<sub>2</sub>).

Pero la presión atmosférica, además de la altitud, depende de muchas otras variables. La situación geográfica, la temperatura, la humedad y las condiciones meteorológicas son sus principales condicionantes. Precisamente la relación que existe entre la presión atmosférica y el tiempo en un lugar hace de ésta una variable fundamental.

La presión atmosférica no tiene un valor constante, de estas variaciones, se dedujo que el tiempo inestable llevaba asociada una disminución de la presión atmosférica, y que el tiempo estable llevaba asociada una subida de la misma.

### 2.2.3.- EL VIENTO

En la Tierra, el viento es el movimiento en masa del aire en la atmósfera.

Existen diversas causas que pueden provocar la existencia del viento, pero normalmente se origina cuando entre dos puntos se establece una cierta diferencia de presión o de temperatura.

En el primer caso, cuando entre dos zonas la presión del aire es distinta, éste tiende a moverse desde la zona de alta presión a la zona de baja presión.

En el caso de que sea una diferencia térmica el origen del viento, lo que ocurre es que cuando una masa de aire adquiere una temperatura superior a la de su entorno, su volumen aumenta, lo cual hace disminuir su densidad. Por efecto de la flotación, la masa de aire caliente ascenderá, y su lugar será ocupado por otras masas de aire, que en su desplazamiento ocasionarán el viento.

Para poder disponer de medidas directas de velocidad y dirección del viento, los meteorólogos utilizan distintos instrumentos de medida:

- a) Medida de la velocidad horizontal del viento: el instrumento más utilizado es el anemómetro de cazoletas en el que el giro de las mismas es proporcional a la velocidad del viento. La unidad de medida es el km/h o el m/s.
- b) Medida de la dirección: para ello se utilizan las veletas, que indican la procedencia geográfica del viento. Hablamos de viento norte, noreste, suroeste, etc. en función de dónde provenga éste.

### 2.2.4.- LA HUMEDAD

Se denomina humedad ambiental a la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Se puede expresar de forma absoluta mediante la humedad

absoluta, o de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad.

Esa cantidad no es constante, sino que dependerá de diversos factores, como si ha llovido recientemente, si estamos cerca del mar, si hay plantas, etc.

La humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura, por ejemplo, una humedad relativa del 70% quiere decir que de la totalidad de vapor de agua (el 100%) que podría contener el aire a esta temperatura, solo tiene el 70%.

El aparato utilizado para medir de forma rápida la temperatura y humedad del aire es el humidímetro.

### 2.2.5.- LAS PRECIPITACIONES

En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae del cielo y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero no virga (es el hidrometeoro que cae de una nube pero que se evapora antes de alcanzar el suelo), neblina ni rocío, que son formas de condensación y no de precipitación.

La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad. Cabe diferenciar:

- a) Origen de la precipitación: en esencia toda precipitación de agua en la atmósfera, sea cual sea su estado (sólido o líquido) se produce por la condensación del vapor de agua contenido en las masas de aire, que se origina cuando dichas masas de aire son forzadas a elevarse y enfriarse. Para que se produzca la condensación es preciso que el aire se encuentre saturado de humedad y que existan núcleos de condensación.
- b) Medición de la precipitación: los valores de precipitación, para que sean válidos, deben ser científicamente comparables.

Los instrumentos más frecuentemente utilizados para la medición de la lluvia y el granizo son los pluviómetros y pluviógrafos, estos últimos se utilizan para determinar las precipitaciones pluviales de corta duración y alta intensidad.

La precipitación pluvial se mide en mm, que equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría con la precipitación de un litro de lluvia sobre una superficie plana e impermeable, de un metro cuadrado.

### 2.3.- LA OBSERVACIÓN DEL TIEMPO

La observación y medida de las variables y fenómenos meteorológicos es una condición indispensable para el avance de la Meteorología.

Se realizan medidas en miles de estaciones meteorológicas ubicadas sobre tierra firme, pero también sobre el mar y a distintas alturas de la atmósfera, tanto en posiciones fijas y como a lo largo de las rutas trazadas por barcos y aviones, aprovechando que todos ellos disponen de instrumentos meteorológicos a bordo.

El uso que puede darse a la información que proporcionan todas estas fuentes de observación es muy variado: desde el mero registro temporal en estaciones concretas, a la elaboración de predicciones meteorológicas.

Se llama parte meteorológico a una comunicación que presenta el resultado de una observación meteorológica. Ésta puede ser verbal o escrita, y puede expresarse en lenguaje ordinario o en clave. Por supuesto, la base de todas las observaciones reside en los instrumentos meteorológicos que se utilizan para tomar las medidas. Una estación meteorológica normalmente dispone de varios de estos instrumentos, incluso todos si es muy completa.

En carreteras, además de disponer de los partes meteorológicos emitidos por los organismos nacionales, se emplean estaciones meteorológicas ubicadas en el entorno de las carreteras que miden diversos parámetros y que permiten complementar las predicciones meteorológicas y cuya descripción de realizará en el apartado de instalaciones y medios auxiliares.

### 2.4.- LOS MAPAS METEOROLÓGICOS

Los mapas del tiempo son representaciones gráficas de los valores de ciertas variables meteorológicas sobre una zona geográfica determinada. Su uso está generalizado entre los meteorólogos, ya que aportan una interesante imagen de conjunto de las situaciones atmosféricas.

Una de las variables que mayor información nos proporciona a la hora de conocer una situación meteorológica es la presión atmosférica, cuyos valores sobre la superficie terrestre quedan representados en los denominados mapas de isobaras, como los que aparecen diariamente en los medios de comunicación.

Las isobaras, o líneas que unen puntos de igual presión, nos dan idea de la intensidad del viento (a

mayor proximidad entre isobaras, mayor intensidad), así como de su procedencia. De este modo puede saberse si va a llegar aire frío del Polo o si, por el contrario, va a ser cálido del desierto, húmedo del océano, o seco del continente.

Cuando en un mapa de isobaras existe una zona en la que la presión es más alta que a su alrededor, entonces aparece una "A" y decimos que hay un anticiclón. En esta zona la estabilidad atmosférica será alta, puesto que el movimiento del aire es descendente evitando la formación de nubosidad, y difícilmente lloverá. Si por el contrario la presión empieza a decrecer, en el punto en el que alcanzan su valor mínimo aparece una "B" y decimos que hay una zona de baja presión o depresión. En este caso habrá mayor inestabilidad y si se dan otra serie de condiciones podría llover fácilmente. Cuando una zona de bajas presiones va acompañada de tiempo muy lluvioso y con viento intenso podemos llamarla borrasca.

En el Hemisferio Norte, en un anticiclón, el viento gira aproximadamente siguiendo las isobaras en sentido horario, con tendencia a alejarse de su centro. En una depresión, el giro del viento se produce en sentido anti horario, con tendencia a dirigirse hacia su centro.

Otra información que suele aparecer en los mapas de isobaras es la representación de los frentes, cuyo trazado suele coincidir con zonas de cambio brusco en la curvatura de las isobarcas. En los mapas, los frentes se representan mediante pequeños triángulos (frente frío) o semicírculos (frente cálido) unidos por una línea que se prolonga a lo largo de toda su extensión geográfica. Un frente es una zona de gran inestabilidad atmosférica, coincidente con la separación entre dos masas de aire que se encuentran a distintas temperaturas. Si una masa fría llega a una zona en la que la temperatura es mayor, decimos que se forma un frente frío. Además de descender las temperaturas, en estos casos suelen producirse precipitaciones de lluvia o nieve. Si, por el contrario, la masa que llega a una zona está a mayor temperatura que la zona que invade, se formará un frente cálido. También se producirá nubosidad, pero las temperaturas serán más suaves y, como mucho, habrá precipitaciones débiles.

## 2.5.- LA PREDICCIÓN DEL TIEMPO

La predicción del tiempo es una cuestión de mucha relevancia en nuestros días y fundamental para una correcta atención a la vialidad invernal. De ella dependen decisiones cotidianas, como elegir la ropa del día o acarrear con el paraguas. Pero la predicción meteorológica también es la base para la

preparación de situaciones de alerta por parte de los servicios de protección civil.

La predicción meteorológica consiste en la determinación anticipada de los valores correspondientes a variables meteorológicas como la temperatura, la presión, la humedad, la nubosidad, la precipitación, etc., que afectarán a una determinada región. La predicción meteorológica puede realizarse mediante técnicas estadísticas, pero la forma más habitual, y la que normalmente ofrece mejores resultados, está basada en la resolución de las ecuaciones matemáticas correspondientes a las leyes físicas que describen el comportamiento de la atmósfera.

Para ello se parte del conocimiento del estado inicial de la atmósfera mediante los datos de observación comentados anteriormente. Una vez resueltas estas ecuaciones, con las condiciones iniciales dadas, se obtiene una descripción del estado futuro de la atmósfera y, de este modo, se puede llegar a saber qué tiempo va a hacer después de unas horas o días, es decir, puede elaborarse una predicción meteorológica, como las que habitualmente obtenemos de los medios de comunicación (TV, radio o periódicos).

A pesar de lo mucho que las técnicas de predicción meteorológica han avanzado, es por todos conocido que a veces se cometen errores. Éstos pueden producirse porque los modelos fallan, o porque el meteorólogo no interpreta bien los resultados (mapas meteorológicos) del modelo.

## 2.6.- SISTEMA DE INFORMACIÓN DE AVISOS METEOROLÓGICOS

El procedimiento de difusión de los boletines de predicción meteorológica, entre los órganos de Protección Civil y otros organismos y empresas de servicios públicos o de interés especial, se basa en que se distinguen los siguientes boletines de predicción:

- Boletín de medio plazo (D+2).
- Boletín de corto (D+1) y muy corto plazo (D).
- Boletín de fenómenos observados.

El boletín de medio plazo es emitido por el Grupo de Predicción y Vigilancia del INM (GPV), con dos días de antelación a la materialización del fenómeno adverso, cuando las condiciones meteorológicas previstas indiquen la probabilidad de precipitaciones medias superiores a 5/10 l/m<sup>2</sup>, en 24 horas a una altura inferior a 1.000 metros. Los boletines regionales de corto y muy corto plazo, son emitidos por el GPV con umbrales equivalentes a los correspondientes a medio plazo, en tanto que, el boletín de fenómenos

observados tiene por finalidad el informar de la aparición de un fenómeno adverso no contemplado con anterioridad y, discrecionalmente, cuando el fenómeno sea de gran relevancia aunque haya sido previsto.

Esta información recibida en los centros de conservación constituye la referencia para comenzar a disponer los equipos de vialidad conforme a lo establecidos en los procedimientos establecidos en el Plan de Vialidad Invernal para cada contrato de conservación.

Otro sistema por el que se conocen las predicciones meteorológicas es a través de internet la cual se puede utilizar para conocer la meteorología en todo momento consultando diversas páginas web como puede ser la del Instituto Nacional de Meteorología, la página web de la Dirección General de Tráfico, etc.

También se está generalizando últimamente el uso de predicciones particularizadas, para la zona de conservación desarrolladas por empresas especializadas. Aunque éstas tienen un coste significativo, en función de la superficie cubierta.

Por último, también constituyen fuente de información de aviso meteorológico las estaciones meteorológicas móviles instaladas en las furgonetas de vigilancia y los camiones de vialidad, y las fijas instaladas, y que permanentemente emiten señal en tiempo real. Todas estas estaciones informan de la temperatura ambiente y del pavimento, de la humedad y del punto de rocío. Las fijas, además, informan de la velocidad y dirección del viento y de la pluviometría. Todas las mediciones deben quedar registradas para comprobar la evolución de las condiciones meteorológicas y poder decidir lo más adecuadamente posible las actuaciones de vialidad invernal necesarias.

## 2.7.- METEOROLOGÍA EN ESPAÑA

España se caracteriza por una gran diversidad de tipos de tiempo y climas, fundamentalmente dentro del ámbito templado, resultado de la combinación de múltiples factores.

El factor principal es la situación latitudinal de la Península, al sur de la zona templada del hemisferio norte. Esto significa que:

- Desde el punto de vista astronómico: la península pertenece al ámbito climático templado, en el que se suceden cuatro estaciones, dos bien marcadas (invierno y verano) y dos de transición (primavera y otoño), como consecuencia del giro

de la Tierra alrededor del Sol y de la inclinación del eje del planeta.

- Desde el punto de vista meteorológico o de la circulación general atmosférica la península se verá afectada por los mecanismos propios de la zona templada, es decir:

a) Por la circulación en altura del *Jet Stream*, una fuerte corriente de viento que se desplaza en dirección Oeste-Este, separando masas de aire polar y tropical y que influye decisivamente en las diferentes situaciones de tiempo a través de:

- las variaciones en su velocidad: cuando se ralentiza describe profundas ondulaciones, que dan lugar a la formación de borrascas y anticiclones dinámicos, dando gran variabilidad al tiempo de la zona templada.
- los desplazamientos estacionales: en invierno se desplaza hacia el sur, provocando lluvias en la Península; en verano, hacia el norte, afectando sólo a la franja cantábrica.

b) Por la presencia en superficie de determinados centros de acción, masas de aire y frentes, característicos de la zona:

- entre los centros de acción: la Depresión de Islandia, que trae vientos húmedos (lluvias) y fríos desde el Atlántico, y el Anticiclón de las Azores, que trae el tiempo seco y soleado del verano.
- entre las masas de aire, destacan dos: la Polar Marítima (viento húmedo del norte del Atlántico) y la Tropical Marítima (del suroeste).
- entre ambas masas se sitúa el Frente Polar (reflejo del *Jet Stream*): el encuentro se traduce en la formación de borrascas que afectan a la península de otoño a primavera. En verano, se desplaza hacia el norte, por el dominio del Anticiclón de Azores.

Estos desplazamientos estacionales son fundamentales para explicar el clima peninsular. De manera general, durante el invierno, la península se ve afectada en su práctica totalidad por la circulación del oeste, que trae borrascas y lluvias desde el Atlántico. En la primavera, estos mecanismos se retiran progresivamente hacia el norte, hasta permitir la entrada por el sur del anticiclón tropical de las Azores que trae el tiempo seco y soleado propio del verano (sólo el norte de España sigue entonces afectado por las borrascas atlánticas).

Con el otoño el anticiclón se retira hacia el sur y comienzan a penetrar las borrascas atlánticas hasta iniciarse de nuevo el ciclo del invierno.

- Existen otros factores de carácter geográfico, que explican también la variabilidad del clima español, que son:
- La situación de la península entre mares de características diferentes y entre dos continentes.
- La distancia al mar: el clima de las zonas interiores, lejanas al mar, se continentaliza (gran amplitud térmica). Las zonas costeras, por el contrario, ven suavizado su clima por la influencia marina.
- El relieve, que influye a través de:
  - Su disposición: periférica, lo que acentúa la continentalización, y en sentido W-E, facilitando el paso del aire desde el atlántico. Además de existir cuencas cerradas por montañas, lo que incrementa la aridez.
  - Su altura: lo que hace disminuir las temperaturas y aumentar las precipitaciones.
  - Su orientación, lo que provoca diferencias locales entre solana (más expuesta al sol y, por tanto, más cálida) y umbría, así como entre las laderas a barlovento (que reciben más lluvias: lluvias orográficas) frente a las de sotavento.

## 2.8.- LOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS QUE AFECTAN A LA VIALIDAD DE LAS CARRETERAS

En conservación de carreteras y en lo que a vialidad invernal se refiere, podemos establecer una clasificación básica de los fenómenos meteorológicos que más nos afectan, atendiendo a la causa que los produce, así distinguimos los fenómenos meteorológicos:

- a) Causados por el vapor de agua.
  1. Por suspensión de partículas acuosas en la atmósfera: nubes, niebla y neblina.
  2. Por precipitación: lluvia, llovizna, lluvia engelante, nieve, agua nieve y granizo.
  3. Por depósito de partículas: helada, rocío, escarcha y cencellada.
- b) Causados por el viento.

1. Tornado y tromba marina.
2. Vientos asociados a tormentas: reventón, frente de racha, reventón cálido y viento de ladera.

Nos centraremos por su importancia y relevancia, así como por estar relacionados con las operaciones de conservación en vialidad invernal de las carreteras en algunos de los fenómenos citados anteriormente como son la nieve, el agua nieve y la helada, como fenómenos más usuales y de mayor importancia, aunque abordaremos de forma somera algunos otros que en un determinado momento pueden tener una presencia más o menos significativa, tales como granizo, lluvia engelante, rocío, escarcha y cencellada blanca.

### 2.8.1.- LA NIEVE

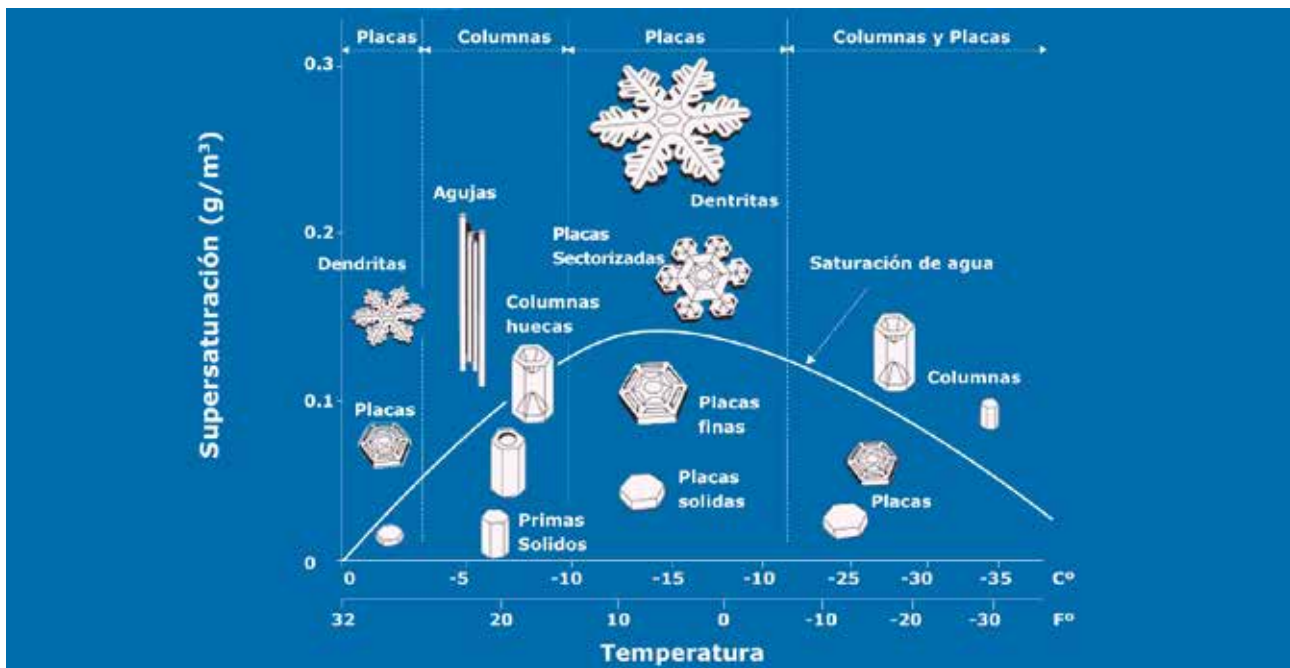
Consiste en la precipitación de hielo cristalizado, en su mayor parte en forma de estrellas hexagonales, ramificadas, pero frecuentemente mezcladas con simples cristales. Si la temperatura del aire no ha descendido mucho, entonces los cristallitos se sueldan entre sí, formando "copos".

Para que se considere una nevada de carácter singular, la precipitación en forma de nieve debe acumular.

- 20, 10 o 5 cm de nieve en 24, 12 o 6 horas respectivamente, si se trata de zonas llanas.
- O 40 cm en 24 horas, si se trata de zonas montañosas (y en todo caso siempre que la



Fotografía de copos de cristales de nieve



Distintos tipos de copos, según las condiciones ambientales. El máximo crecimiento se sitúa a temperaturas entre  $-12^{\circ}\text{C}$  y  $-16^{\circ}\text{C}$ , de modo que si la humedad a estos niveles es muy elevada, se forman grandes copos.

nevada se haya producido a una altitud por debajo de los 1500 m).

- O bien en cantidades menores, pero excepcionales para la región en cuestión.

Los copos de nieve, por tanto, no son gotas de agua congelada, sino que los cristales de hielo se forman por sublimación del vapor de agua dentro de una nube, sobre algunas de las gotículas que la componen. Estas gotículas suelen estar subenfriadas (a temperaturas por debajo de  $0^{\circ}\text{C}$ ), pero cuando la temperatura llega a ser suficientemente baja algunas de ellas empiezan a congelarse. El calor latente que se desprende en este proceso hace que las gotículas que aún no se han congelado aporten vapor de agua, que en contacto con las gotículas congeladas forma los primeros cristales de hielo, que van creciendo a medida que se sublima más vapor encima, hasta que el peso es suficiente para que precipite. Dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura en el ambiente que se encuentren los copos en su proceso de crecimiento, este tendrá lugar de forma distinta, siendo esta la razón de que los copos de nieve no tengan siempre el mismo aspecto.

Distintos tipos de copos, según las condiciones ambientales. El máximo crecimiento se sitúa a temperaturas entre  $-12^{\circ}\text{C}$  y  $-16^{\circ}\text{C}$ , de modo que si la humedad a estos niveles es muy elevada, se forman grandes copos.

Para que la precipitación llegue al suelo en forma de nieve es necesario, que las condiciones de

temperatura y humedad sean adecuadas para que los copos no se fundan en el camino. A partir del nivel en el que la temperatura alcanza los  $0^{\circ}\text{C}$ , los copos aún se mantendrán mientras que el aire no esté saturado de humedad, pues el mecanismo de evaporación de parte de la precipitación los seguirá enfriando. Una vez esta capa se sature de humedad, los copos comenzarán a fundirse, pero igualmente este proceso enfriará el aire, por lo que la precipitación aún puede continuar siendo en forma de nieve hasta 200 o 300 m por debajo. Cuanto mayores sean los copos más probable es que la nieve alcance el suelo antes de fundirse. Igualmente, cuanto más intensa y persistente sea la nevada, más va a penetrar por debajo del nivel de los  $0^{\circ}\text{C}$ , pues en el proceso se irá enfriando el aire de arriba abajo.

La nieve cuaja en el suelo con temperatura inferior a  $0^{\circ}\text{C}$ , incluso puede bastar que la temperatura del aire sea inferior a  $2^{\circ}\text{C}$ . Si la temperatura está por debajo de  $0^{\circ}\text{C}$  se acumula nieve seca, y si es de  $0^{\circ}\text{C}$  o más, nieve húmeda.

La acumulación de nieve dependerá, no solo de la cantidad precipitada, sino también del tamaño de los copos, y de que se trate de nieve seca o húmeda. Cada milímetro de precipitación en forma de nieve puede alcanzar un espesor de 0,5 cm, en el caso de nieve húmeda, o de hasta 2 cm, en el caso de copos grandes de nieve seca.

Sin embargo no toda la nieve es igual y se puede clasificar atendiendo a diversas características y criterios:

- La dureza: pudiendo clasificarse en muy blanda, blanda, semidura, dura o muy dura, según pueda hundirse en la misma la mana abierta, el puño, un dedo, un lápiz de punta o la hoja de una navaja.
- Tipología: nieve fresca seca, nieve fresca húmeda, nieve vieja seca o nieve vieja húmeda. Esta clasificación tiene una clara influencia con la presencia de viento ya que cuanto más seca esté la nieve más fácilmente es transportable por éste.
- Espesor: función de la altura de capa de nieve existente en el momento en que se va a relizar la operación de limpieza. En vialidad invernal los espesores de referencia son <0,05m; <0,30m; <0,50m; <0,80m; <1,00m; <1,50m y >1,50m. Tiene relación con el equipo de nieve a utilizar y con la velocidad a la que debe circular el mismo para asegurar la evacuación de la nieve fuera de la calzada.
- Intensidad de precipitación: es la que mide la altura de la capa de nieve existente despues de tres horas de precipitación. Se puede clasificar en 3 tipos: < 0,30m; <0,60m y >0,60m.
- Heladas de advección: se presentan en una región cuando ésta es "invadida" por una masa de aire frío cuya temperatura es inferior a 0°C. Este tipo de heladas se caracteriza por la presencia de vientos con velocidades iguales o superiores a los 15 km/h y el gradiente de temperatura (variación de la temperatura con la altura) es negativo, sin inversión térmica. Las áreas afectadas son extensas y la nubosidad no influye sobre la temperatura, que experimenta variaciones con la marcha horaria. Las plantas se enfrían por contacto.
- Heladas de radiación: se producen por el enfriamiento de las capas bajas de la atmósfera y de los cuerpos que en ellas se encuentran debido a la pérdida de calor terrestre por irradiación durante la noche. Se produce una estratificación del aire en donde las capas más bajas son más frías y las capas más altas son más cálidas (inversión térmica). Este tipo de heladas se produce en condiciones de viento calmo o escaso, ya que la ausencia de viento impide mezclar estas capas, y además, con cielo despejado que permite una mayor pérdida de calor desde la superficie terrestre. La pérdida de calor es mayor cuando las noches comienzan a ser más largas y el contenido de humedad del aire es menor. En los suelos cubiertos de vegetación y en el fondo de los valles es más probable que se den este tipo de heladas. En el caso de la cubierta vegetal, esta actúa como aislante entre el suelo y la atmósfera, evitando que el calor del suelo se transmita con rapidez al aire. Además disminuye la acumulación de calor en el suelo al impedir el ingreso de la radiación solar. El relieve del suelo, por sus diversos accidentes, determina la dirección e intensidad

### 2.8.2.- AGUA NIEVE

Es una forma de precipitación consistente en nieve parcialmente fundida y mezclada con agua. Esta es debida a un aire lo suficientemente templado como para derretirlo parcialmente, pero no lo suficientemente cálido como para transformarlo en lluvia. Es pues, una mezcla de agua y nieve.

El agua nieve no suele cuajar en el suelo, excepto cuando la temperatura del suelo es inferior a 0°C, en cuyo caso puede formar placas de hielo o incluso escarcha.

### 2.8.3.- 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.

Existen diferentes tipos de heladas. De acuerdo a su origen se clasifican en:



La helada



El granizo

del flujo de aire frío nocturno. Si el suelo tiene pendiente, el aire frío (más denso) buscará niveles más bajos, donde se estacionará y continuará enfriándose. Es por ello que el fondo de los valles es un lugar propicio para la formación de heladas.

- Heladas de evaporación: debidas a la evaporación de agua líquida desde la superficie vegetal. Suele ocurrir cuando, debido a la disminución de la humedad relativa atmosférica, el rocío formado sobre las plantas se evapora. El paso de agua líquida a su estado gaseoso requiere calor. Ese calor lo aporta la planta con su consiguiente enfriamiento.
- Heladas mixtas: se denominan de este modo a aquellas heladas que se producen simultáneamente por el vuelco de aire frío y la pérdida de calor del suelo por irradiación.

De acuerdo a los efectos visuales que este fenómeno causa:

- Heladas blancas: se produce cuando la temperatura desciende por debajo de 0°C y se forma hielo sobre la superficie de las plantas. Este tipo de heladas se produce con masas de aire húmedo. Además el viento calmo y los cielos despejados favorecen su formación.
- Heladas negras: en la helada negra el descenso por debajo de 0°C no va acompañado de formación de hielo. Su designación responde a la visualización de la coloración que adquieren algunos órganos vegetales debido a la destrucción causada por el frío. Este tipo

de heladas se produce cuando la masa de aire es seca. El cielo cubierto o semicubierto o la turbulencia en capas bajas de la atmósfera favorece la formación de este tipo de heladas.

En resumen, para que se produzca helada se deben dar 3 condiciones fundamentales:

- Descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores a los 0°C.
- La humedad relativa del aire debe ser superior al 60%.
- El viento no debe ser intenso.
- Desde el punto de vialidad invernal, dos son las características que permiten evaluar su importancia:
  - Su espesor, ya que el mismo influye en el tiempo en que este fenómeno puede afectar a la circulación.
  - Su existencia en zonas puntuales o de forma generalizada afectando a la mayor parte de la calzada.

En cualquier caso, nos encontramos ante un fenómeno de elevada importancia en la vialidad invernal y que es necesario evitar mediante.

tratamientos preventivos que eviten o minimicen su formación o mediante la acción de fundentes y equipos mecánicos que lo eliminen.

Su peligrosidad estriba en que es un fenómeno que no es fácilmente observable por los conductores, pudiendo producir reacciones en la conducción que sean causa de incidencias no deseadas. Por ello la actividad preventiva es de suma importancia en la búsqueda de que el efecto de la helada no se llegue a producir.

#### 2.8.4.- EL GRANIZO

Es un tipo de precipitación sólida que está formado principalmente de hielo de agua y su tamaño puede variar entre los 5 y 50 mm de diámetro, e incluso superar esta medida.

El granizo se origina con la presencia de una partícula sólida en el tipo de nubes cumulonimbus. Esta partícula es arrastrada por fuertes vientos ascendentes dentro de la nube, a la que se le van adosando partículas de agua. Al ascender, se produce el enfriamiento de estas partículas, congelándose. Al llegar a la zona superior de la nube, el granizo cae hacia la tierra por su propio peso. En su caída,



El granizo

muchas de las capas de hielo que se formaron durante su ascenso, pueden descongelarse, volviendo a su estado líquido original. Sin embargo, no se desprenden y aún estando dentro del cumulonimbo, puede ser capturada nuevamente por otra corriente de aire ascendente y ser trasladada hacia las regiones altas de la nube. Esto provoca el agregado de una nueva capa de partículas de agua y su congelamiento. Este ciclo puede ocurrir varias veces, hasta que el granizo tome una dimensión y peso, que las corrientes ascendentes de aire dentro de la nube, no tienen la fuerza suficiente para transportarlo, precipitándose así a tierra.

De esta manera, las piedras de granizo van adquiriendo tamaño y formando sus capas (como una cebolla) de hielo blanco y transparente. Cuando el granizo atraviesa una región de la nube con gran concentración de gotas de agua super enfriada, se forma la capa de hielo transparente, mientras que al atravesar una región de vapor de agua, se forma el hielo blanco. Gracias a los intensos vientos que a veces llegan a los 180 km/h, la piedra de granizo puede mantenerse por largo tiempo dentro de la nube y llegar a alcanzar grandes dimensiones, hasta alcanzar un tamaño que no le permita mantenerse en ella y por propia acción de la gravedad se precipita a tierra. En general el granizo es de forma redondeada, aunque en algunas ocasiones puede presentar una forma irregular. Esto depende de la forma en que el granizo se ha estado moviendo dentro de la nube.

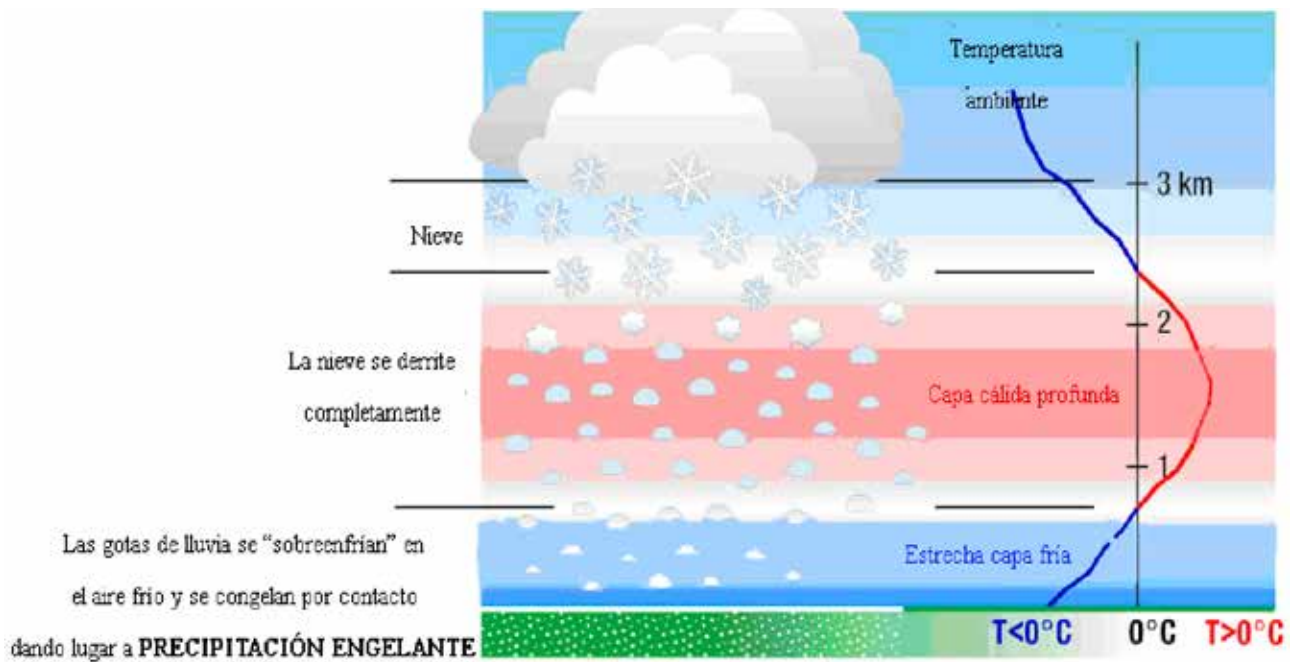
Según estudios realizados por algunos investigadores, la formación del granizo, se ve favorecida cuanto más cercana a la base de la nube se encuentra la isoterma de 0°C.



Se puede decir que las condiciones ideales para que el granizo llegue a la superficie tienen las siguientes características:

- Intensas corrientes verticales (convección manifiesta).
- Nivel de congelación (0°C) no demasiado alto (ya que, cuanto más bajo esté, más tiempo estará el granizo con una temperatura por debajo de la congelación del agua y más grande podrá hacerse la piedra).
- Alto contenido de vapor de agua en la troposfera.
- Suficiente cizalladura vertical de viento y
- Una capa de aire seco en niveles medios-bajos que provoca evaporación que enfría el aire, haciendo que el nivel de congelación esté más bajo.

El granizo es más común en las zonas continentales interiores de las latitudes medias. Como la formación del granizo es mucho más probable cuando el nivel de congelación está por debajo de la altitud de 3.400 m, el movimiento de aire seco, promueve la presencia de fuertes tormentas eléctricas sobre los continentes, y esto aumenta la frecuencia de granizo, mediante la promoción del enfriamiento por evaporación. Esto reduce el nivel de congelación de nubes de tormenta, dando al granizo un mayor volumen. En consecuencia, el granizo, en realidad, es menos común en los trópicos, a pesar de una frecuencia mucho más alta de las tormentas, que en las latitudes medias, porque la atmósfera en los trópicos tiende a ser más caliente en una profundidad mucho mayor.



Esquema del proceso de ocurrencia de precipitación engelante

El granizo en los trópicos ocurre principalmente en elevaciones más altas. Pero el crecimiento de granizo se vuelve sumamente pequeño, cuando la temperatura ambiente descienda por debajo de  $-30^{\circ}\text{C}$ . Las gotas de agua sobre-enfriada se vuelven raras a estas temperaturas. Alrededor de las tormentas, el granizo es más probable, dentro de la nube en altitudes superiores a los 6. 100 m. Entre 3. 000 m y 6. 100 m.

Debido a los efectos devastadores que puede ocasionar una granizada, detectar la presencia de una tormenta de granizo, es una de las prioridades más altas. En este sentido, el radar meteorológico, cumple una importante función, aunque la ocurrencia de granizo no es fácilmente comprobable con estos medios de detección.

### 2.8.5.- LA LLUVIA ENGELANTE

La Lluvia engelante o Lluvia gélida es un tipo de precipitación que comienza a caer desde las nubes a la superficie en forma de nieve, a grandes alturas, se derrite completamente mientras cae cuando atraviesa una capa de aire sobre la temperatura de congelación ( $0^{\circ}\text{C}$ ), y luego encuentra una segunda capa inferior a más bajos niveles de temperatura que la primera, sobre fusionándose. Esta agua entonces se congelará al impactarse en cualquier objeto que encuentre, pudiendo el hielo acumularse hasta varios centímetros, mediante la forma de hielo glaseado.

Usualmente, la tormenta de hielo se asocia con la aproximación de un frente cálido cuando el aire frío a una temperatura igual o inferior al punto de

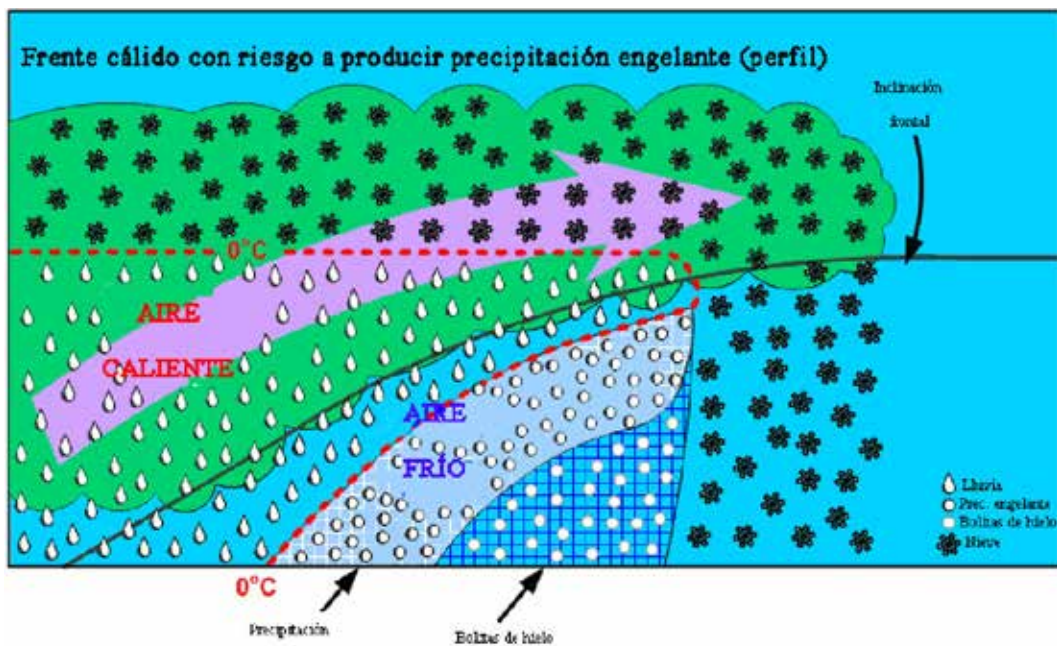
congelación, queda atrapada en los niveles más bajos de la atmósfera como corrientes de calor moderado en lo alto.

El aire cálido luego es forzado más arriba, donde altera dramáticamente la temperatura en la capa media, alrededor de 800 hPa (recordamos: si la presión atmosférica  $> 1013$  hPa, tenemos una alta presión o anticiclón; si la presión atmosférica es  $< 1013$  hPa tenemos baja presión, borrasca o ciclón).

Si la advección (transporte de ese aire cálido por efecto del viento) es lo suficientemente fuerte para calentar una delgada capa varios grados sobre el punto de congelación por un breve periodo, o una capa más grande levemente sobre los  $0^{\circ}\text{C}$  por un periodo largo, la nieve que caiga en esta capa se fundirá y se convertirá en gotas de lluvia, las cuales se congelarán al contactar el suelo, si éste está a una temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$  o menor a  $0^{\circ}\text{C}$ .

Las condiciones meteorológicas más favorables para la lluvia engelante se dan en la precipitación que ocurre por delante de un frente cálido en superficie, si la masa de aire por delante de dicho frente está suficientemente fría.

La precipitación engelante no es un fenómeno frecuente en España, pero es de mucho impacto social, por la facilidad con que se pueden producir accidentes de circulación (además de dificultades en aeronaves, líneas eléctricas, etc), por eso siempre será considerado como un evento singular en todos los casos.



Corte vertical de un frente cálido, con zona de riesgo de lluvia engelante

### 2.8.6.- EL ROCÍO

El rocío es un fenómeno físico-meteorológico en el que la humedad del aire se condensa en forma de gotas por la disminución brusca de la temperatura, o el contacto con superficies frías. Se habla de rocío en general cuando se trata de condensación sobre una superficie, usualmente sobre la cubierta vegetal del suelo.

Dado un sistema a una determinada temperatura, existe una única presión de vapor tal que las fases líquida y gaseosa del agua se encuentran en equilibrio (o coexisten) y se denomina presión de vapor de saturación. La presión de vapor de saturación aumenta a medida que aumenta la temperatura a la cual se encuentra el sistema. La saturación no es una propiedad del aire. En la atmósfera, el sistema está conformado por aire seco más vapor de agua (que conforman lo que llamamos aire). Puesto que el aire se encuentra en equilibrio térmico, la temperatura del aire es también la temperatura del vapor y del agua líquida que este contenga. La temperatura tal que el sistema se encuentra saturado se denomina temperatura de rocío. Si el sistema alcanza dicha temperatura, y la misma se encuentra por encima de los 0 °C, entonces se observará la formación del rocío en distintas superficies y, si se dieran las condiciones atmosféricas, podrían también observarse nieblas o neblinas.

Una de las formas de producción de rocío tiene que ver con el enfriamiento nocturno del suelo (y de la capa de aire adyacente) debido a la pérdida neta de energía por emisión de radiación infrarroja. Esta pérdida de energía es mayor en noches despejadas

y frías cuando el efecto invernadero de las nubes no existe, haciendo posible alcanzar el punto de saturación, formándose rocío. Si la temperatura del aire fuera menor de 0 °C o el punto de congelación del agua, entonces en lugar de rocío, se forma escarcha. El fenómeno físico es el mismo aunque las propiedades físicas son distintas (por ejemplo, el valor del vapor de saturación es distinto si se considera respecto del hielo que respecto del agua líquida).

### 2.8.7.- LA ESCARCHA

Se denomina escarcha a la capa de hielo cristalino que se forma, en forma de escamas, agujas, plumas o abanicos, sobre superficies expuestas a la intemperie que se han enfriado lo suficiente como para provocar la deposición directa del vapor de agua contenido en el aire. Es un sinónimo de helada blanca. Así pues, se trata de una forma de condensación (como el rocío) y no de precipitación. Para su formación se precisan tres condiciones:

- que las superficies tengan una temperatura por debajo de 0 °C;
- que la humedad relativa del aire sea superior al 60 %, de lo contrario no habrá suficiente vapor de agua en la atmósfera para depositarse en las superficies, y
- que el viento no sea intenso, de lo contrario, el vapor de agua no podrá depositarse.

No se debe confundir la escarcha o helada blanca con el rocío blanco: éste es vapor de agua atmosférico

condensado y congelado. La temperatura superficial debe estar por debajo de 0 °C.

### 2.8.8.- LA CENCELLADA BLANCA

La cencellada blanca es un hidrometeoro consistente en la formación de plumas y agujas de hielo suave de color blanco sobre una superficie sólida, causado por la congelación de gotículas subfundidas de un banco de niebla a temperaturas bajo cero. Las propiedades físicas de la cencellada blanca son muy parecidas a las de la nieve húmeda, por lo que su apariencia es similar a la de una nevada. Se produce cuando:

- existe niebla o bruma en un aire cuya temperatura es menor a 0 °C, y
- cuando el punto de rocío está por debajo del de congelación.

Existen, entonces, en el seno de la niebla y de las nubes, muchas gotículas en estado de sobrefusión, cuando normalmente debieran haberse ya congelado. Ese estado anormal cesa cuando las gotículas entran en contacto con alguna superficie sólida (el suelo, las hojas de las plantas, los tejados, etc.), sobre la cual se congelan entonces rápidamente en forma de cristales muy pequeños y brillantes, separados por inclusiones de aire.

### 2.8.9.- LA NIEBLA

Se trata de un hidrometeoro consistente en un agregado visible de gotas de agua (o cristales de hielo) en suspensión en las proximidades de la superficie terrestre. Se considera niebla cuando la visibilidad es inferior a un kilómetro.

La única diferencia entre la niebla y una nube es que la base de la nube se sitúa alejada del suelo. Es decir, si nos pilla un banco de niebla estaremos, literalmente, dentro de una nube.

Tanto si hablamos de niebla como si hablamos de nubes la humedad del aire es del 100%. Se puede llegar a este valor bien añadiendo vapor de agua al aire hasta llegar a la saturación o reduciendo la temperatura.

Este tipo de fenómeno meteorológico no se suele tener en cuenta en el mantenimiento invernal, ya que no se trata de un fenómeno exclusivo de esta época y porque su principal efecto sobre la vialidad no se puede paliar con las operaciones propias del mantenimiento invernal.



El rocío



El rocío



La escarcha



Cencellada blanca

Para poder minimizar sus efectos las únicas acciones posibles son la de disponer de una señalización horizontal, y en menor medida vertical, que presenten buenos índices de retroreflexión, con un balizamiento y con una iluminación adecuados.

Podemos establecer los siguientes tipos de nieblas:

- Nieblas de radiación: son habituales en zonas del interior de la Península y se producen en situaciones de dominio anticiclónico. Se forman durante la noche y se necesitan cielos despejados y vientos nulos o muy flojos. Los cielos despejados permiten que todo el calor acumulado durante el día en la superficie terrestre sea liberado a capas superiores, lo que provoca un enfriamiento de la capa superficial suficiente como para ocasionar que la humedad se eleve y se condense el vapor de agua formando la niebla. Se forman a ras de suelo y gracias a la ausencia de viento suelen permanecer estacionarias.
- Nieblas de advección: se forma por el movimiento (o advección) de una masa de aire húmeda sobre una superficie fría, que es la que provoca la condensación. A diferencia de las de radiación, se mueve y por ello el viento no es tan influyente.
- Nieblas de evaporación: se forman cuando una cantidad suficiente de vapor de agua es añadida a una masa de aire mediante evaporación y se mezcla con otra masa de aire más fría y seca. Es decir, que una aporta la humedad, la otra provoca la condensación y ninguna de ellas por

sí mismas originaría la niebla. Dentro de este grupo englobamos las nieblas que se forman sobre cualquier masa de agua. Son conocidas como nieblas de vapor.

- Nieblas orográficas: Se forman cuando el viento empuja el aire húmedo sobre una colina y lo fuerza a ascender, provocando que al descender la temperatura el aire se sature y se forme la niebla.
- Nieblas de hielo: el mecanismo es el mismo que en el resto de nieblas, pero la temperatura a la cual se condensa la masa de aire se sitúa por debajo de cero grados. Está formada por pequeños cristales de hielo en suspensión.



# CONOCIMIENTO DEL TRAMO Y CONDICIONES DEL ENTORNO

3.1.- Introducción.....	30	3.6.- Pendientes.....	31
3.2.- Altitud.....	30	3.7.- Ventisqueros.....	31
3.3.- Firmes.....	30	3.8.- Zonas singulares.....	32
3.4.- Elementos de contención.....	30	3.9.- Puntos estratégicos.....	33
3.5.- Trazado.....	31	3.10.- Conclusiones.....	34



### 3.1.- INTRODUCCIÓN

A la hora de programar las actividades de vialidad invernal de un determinado tramo de carretera o en un sector que englobe diversos tramos de carretera, es imprescindible haber estudiado y analizado todas las características significativas de las carreteras del sector y su entorno o enclave, que pueden influir en el desarrollo que las operaciones de vialidad invernal.

Los datos y características de la carretera a tener en cuenta son: altitud, naturaleza del firme, elementos de contención, trazado, pendientes, ventisqueros, zonas singulares y puntos estratégicos.

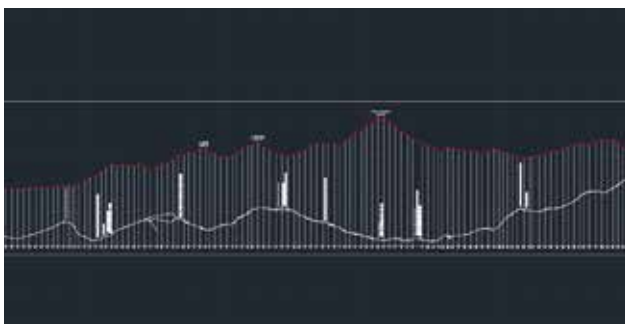
### 3.2.- ALTITUD

Es esencial conocer la altitud sobre el nivel del mar por la que discurre la carretera o carreteras implicadas del sector ya que en función de la misma, podremos conocer a priori la exigencia que va a conllevar el tramo durante la campaña de vialidad invernal.

Con estos datos podemos organizar más eficientemente los equipos disponibles. También podremos sectorizar el tramo en función de las diferentes altitudes y definir un plan de actuación en función de la previsión de la cota de heladas y/o nevadas.

### 3.3.- FIRMES

Con el fin de conocer cómo se va a comportar la calzada ante episodios de bajas temperaturas y nevadas, se han de tener localizados, los distintos



Altitud



Firmes

tipos de firme que existen en las carreteras del sector.

En función del tipo de firme podremos pronosticar y conocer, cómo actúa la sal sólida y la salmuera en los diferentes tratamientos, tanto preventivos como curativos, y así elegir mejor el tipo de tratamiento a aplicar en función del firme. También podremos conocer con antelación, en el caso de nevadas, si la nieve cuajará o no con facilidad, así como el tratamiento que se debe aplicar en calzadas nevadas y los problemas que se pueden plantear.

### 3.4.- ELEMENTOS DE CONTENCIÓN

A la hora de la programar la retirada de nieve de la calzada, es necesario tener en cuenta los diferentes elementos de contención existentes en el tramo y su ubicación exacta.

Dependiendo del tipo de elemento de contención nos pueden surgir una serie de problemas a la hora de evacuar la nieve.

Si disponemos de tramos con muro New Jersey, hay que tener presente que la evacuación de la nieve por estos puntos es más complicada debido a la falta de escapatorias o, en el caso de grandes nevadas, casi imposible al no poder lanzarla fuera de la calzada. En estos casos, si la nevada es de poca entidad, podrá acumularse contra el muro y con posterioridad ir tratándola con fundentes y desplazarla hacia delante para acelerar su fusión.

En el caso de grandes nevadas, la nieve quedaría acumulada contra el elemento de contención sea del tipo que sea por lo que para poder eliminar



Elementos de contención



Trazado

rápidamente habría que utilizar máquinas dinámicas en lugar de las máquinas de empuje.

### 3.5.- TRAZADO

Las características más significativas del trazado, han de ser tenidas en cuenta a la hora de programar las tareas de vialidad invernal, ya que pueden influir a la hora de diseñar un método de trabajo y un reparto de efectivos.

A la hora de retirar nieve hay que tener en cuenta características tales como la anchura de mediana en una autovía. En caso de disponer de una mediana muy estrecha o inexistente no podremos limpiar la calzada hacia la izquierda, sino que tendremos que sacar la nieve únicamente por el lado derecho, lo que obliga a trabajar con varios equipos en tándem y así sacar la nieve de la calzada.

En caso de las estructuras o pasos superiores de cambio de sentido, es necesario tener cuidado a la hora de limpiarlos, pues discurren sobre otra carretera o vía, y al retirar la nieve no se puede lanzar sobre la vía inferior. Únicamente se podrá retirar de la calzada a baja velocidad acumulándola en los arcones para su posterior empuje hacia delante si fuese posible.

En los casos en los que la nieve no puede ser evacuada totalmente, una vez finalizado el episodio de nevada, hay que vigilar y tratar la calzada para evitar que la nieve que se ha fundido, quede sobre la calzada en forma de charcos de agua, que con la bajada de temperatura nocturna se congele, provocando placas de hielo. En estos casos, hay que vigilar y tratar estas zonas, para impedir la formación de placas de hielo.

### 3.6.- PENDIENTES

Hay que hacer especial hincapié en mantener perfectamente limpios y tratados, especialmente en episodios de nevadas, aquellos tramos de carretera con pendientes pronunciadas. Estas zonas son muy susceptibles ya que generan dificultades a los vehículos articulados en presencia de nieve, pudiendo provocar la pérdida de tracción e incluso llegar a provocar que el vehículo articulado se cruce haciendo lo que se conoce como "tijera".

### 3.7.- VENTISQUEROS

Se han de tener inventariadas las zonas en las que en otras ocasiones se han producido ventisqueros o que sean susceptibles de que puedan provocarse, y si es posible fuera del periodo invernal realizar obras o instalar elementos de contención para evitar que



Trazado



Trazado



Pendientes



Ventisqueros

se formen nuevamente ventisqueros durante los diferentes episodios de nevadas.

En el caso de que se produzca un ventisquero, se deberá señalar lo antes posible, ya que los usuarios pueden ir circulando por una carretera limpia y, sin que este nevando en ese momento, repentinamente encontrarse con un tramo de calzada con acumulación de nieve, lo que puede provocar la pérdida de control del vehículo.

### 3.8.- ZONAS SINGULARES

Se han de tener localizadas todas aquellas zonas o puntos singulares cuyas características del entorno o de la propia infraestructura que puedan conllevar una singularidad a tener en cuenta y que pueda potenciar el riesgo de formación de hielo o de acumulación de nieve. Dentro de estos casos se encuentran las zonas de umbría, trazados de calzada que discurren en trinchera, tramos junto a masas de agua, viaductos, así como tramos de calzada que atraviesan masas de arbolado, etc.

**Zonas de umbría:** En estas zonas se ha de tener especial cuidado y aplicar reiteradamente tratamientos preventivos, ya que al ser zonas que no tienen apenas horas de luz directa, la oscilación de temperaturas es muy baja, incluso llegando a estar durante jornadas completas a temperaturas bajo cero, aunque el resto de la calzada se encuentre fuera de riesgo por heladas.

**Calzadas en trinchera:** estas zonas, además de ser susceptibles de ser zonas de umbría también pueden sufrir importantes corrientes de aire que disminuyen la temperatura de la calzada por debajo de la temperatura ambiente.



Zonas singulares

Los tramos de calzada que atraviesan zonas en la que hay importantes masas de agua, como embalses o lagos, provocan un ambiente de alta humedad relativa. Esta circunstancia provoca que estas zonas sean susceptibles de sufrir formaciones de placas de hielo, por lo que su vigilancia ha de ser más estricta.

Similar es lo que sucede en tramos de calzada que atraviesan masas importantes de arbolado próximas al trazado. Estas atraen la humedad, lo que aumenta la posibilidad de formaciones de placas de hielo.

En el caso de viaductos, es necesario controlar mucho la temperatura del pavimento ya que en muchas ocasiones, aun teniendo una temperatura ambiente superior 0°C, el pavimento del viaducto puede encontrarse por debajo de los 0°C. Este fenómeno lo provocan las corrientes de aire que circulan tanto sobre la superficie del tablero como bajo éste y que producen el enfriamiento de la calzada.

En la actualidad es posible diseñar un mapa térmico consistente en la medición de la temperatura del asfalto a lo largo de la red. Para ello, se mide la temperatura del asfalto, con un sensor de infrarrojos, cada 20 metros, junto con la posición GPS (latitud/longitud/altitud) de cada punto.

La construcción de un mapa térmico nos permite:

- Localizar los puntos de peligro de hielo. Permite localizar los puntos "fríos" de la carretera. Estos puntos serán los más idóneos a la hora de instalar los sensores de asfalto.
- Modelizar la calzada. Pronóstico de hielo en calzada.

Una vez realizado el mapa térmico, e instalados los sensores de asfalto en los puntos preseleccionados de la red vial, se pueden utilizar estos puntos como referencia y emitir pronóstico para otras zonas, de forma que se pueden localizar los puntos más conflictivos y acudir, sólo a ellos, para realizar el preventivo.

Para llevar a cabo la modelización de la calzada necesitamos conocer también los alrededores, para saber si presentan zonas de umbría. Para ello es necesario realizar el trazado tomando fotografías del espacio de cielo presente sobre cada punto de la carretera. Las medidas se realizan cada 20 metros, registrando la posición exacta (latitud, longitud, altitud) a la que corresponde.

El contraste entre blancos (del cielo) y negros (de los obstáculos), nos darán idea del factor "sky view" de la zona (Vista aérea: 0 totalmente cubierto, túnel, Vista aérea: 100 totalmente libre de obstáculos). Con MAPA TÉRMICO + VISTA AÉREA + DATOS REALES DE LOS SENSORES DE ASFALTO, podemos emitir un pronóstico de la temperatura de calzada, y del riesgo de formación de hielo, a lo largo de toda la red.

### 3.9.- PUNTOS ESTRATÉGICOS

Otras cosas que se han de tener en cuenta a la hora de programar los trabajos operativos de vialidad Invernal, es conocer todos aquellos puntos o zonas estratégicas, ya sea para vigilar su estado óptimo ante episodios de nevada o para diseñar los planes operativos de vialidad invernal.

Podemos considerar como puntos estratégicos, la existencia de un hospital, una base de bomberos, o un centro de protección civil en las proximidades de las carreteras del sector. En estos casos hay que vigilar que este acceso este siempre operativo, bien tratados con fundentes y limpio para facilitar la entrada o salida ambulancias, bomberos y protección civil.

También es imprescindible mantener tratados con fundentes, limpios de nieve y despejados los aparcamientos específicos de vialidad invernal existentes en el tramo, para poder utilizarlos sin demora cuando se requiera sacar de la circulación los vehículos pesados.

Tener inventariadas las zonas al borde de la carretera en las que se pueden acumular vehículos ligeros y pesados en caso de cortes de carril por severas inclemencias meteorológicas.



Zonas de umbría



Calzada en trinchera



Calzadas que atraviesan masas de agua



Tramos de calzada que atraviesan masas importantes de arbolado



Tramos de calzada que atraviesan viaductos



Tener localizados y preparados para puesta en servicio los pasos de mediana de las autovías.

por las inclemencias meteorológicas y esto a su vez afectar a otros factores.

Tener localizados y diseñados los puntos de corte de calzada más óptimos, en el caso de tener que realizar cortes para salvaguardar la seguridad vial debido a las inclemencias meteorológicas.

### 3.10.- CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta todas las características y singularidades de las carretas que conforman el sector a estudio, podremos diseñar un plan operativo para Vialidad Invernal, lo más eficaz posible, dado que considerando todos los datos, podremos hacer hincapié en aquellos puntos o zonas más susceptibles de sufrir una complicación

## CAPÍTULO 4



# FUNDENTES EMPLEADOS EN LOS TRABAJOS DE VIALIDAD INVERNAL

4.1.- Antecedentes.....	36	4.3.4.- Cloruro cálcico ( $\text{Cl}_2\text{Ca}$ ).....	42
4.2.- Aspectos generales.....	36	4.3.5.- Otros fundentes menos usuales.....	43
4.2.1.- Descripción general.....	36	4.3.5.1- Cloruro de magnesio ( $\text{MgCl}_2$ ).....	43
4.2.2.- Temperatura y concentración eutéctica.....	37	4.3.5.2- Urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ).....	43
4.2.3.- Temperatura de trabajo.....	37	4.3.5.3- Alcohol y glicoles.....	44
4.2.4.- Técnicas de aplicación.....	37	4.3.5.4- Cloruro de magnesio ( $\text{MgCl}_2$ ).....	44
4.2.5.- Dotación.....	37	4.4.- Empleo de los fundentes.....	44
4.2.6.- Impacto en la infraestructura.....	38	4.4.1.- Formas de empleo.....	44
4.2.7.- Precio.....	38	4.4.2.- Dosificaciones.....	45
4.3.- El fundente químico.....	39	4.5.- Almacenamiento de fundentes.....	46
4.3.1.- Principio de acción de los fundentes.....	39	4.6.- I+D+I.....	47
4.3.2.- Comportamiento químico-físico tras el extendido en carretera.....	40	4.7.- Proyecto de borrador de norma europea.....	48
4.3.3.- Cloruro sódico ( $\text{ClNa}$ ).....	41		



## 4.1.- ANTECEDENTES

El tratamiento de carreteras mediante productos fundentes para mejorar la adherencia en condiciones adversas, se comenzó a utilizar, por las diversas administraciones mundiales de carreteras, a principio de los años sesenta. Esta fue también la práctica habitual en nuestro país hasta bien entrada dicha década.

Hasta ese momento, los servicios de mantenimiento de carreteras utilizaban en operaciones de vialidad invernal el extendido de abrasivos (arena, gravilla, polvo de carbón, escoria fragmentada) compactados por la propia rodadura de los vehículos quitanieves. Los inconvenientes que presentaba el extendido de abrasivos eran múltiples, su eliminación posterior al cumplimiento de su objetivo necesitando barredoras que limpiasen las calzadas, su reducida efectividad al ser lanzados fuera de la calzada por los vehículos, la dificultad de mecanizar su extendido, así como el peligro de obstrucción de canalizaciones.

En un principio, los fundentes se comenzaron a utilizar mezclados con los abrasivos para impedir la congelación de estos últimos durante su almacenamiento. Fue al proceder a su extendido, cuando se percibió el poder de fusión obtenido a través de estos productos.

Esa información, unida a los inconvenientes antes indicados en el empleo de abrasivos, fue lo que dio paso al empleo generalizado de fundentes puros en trabajos de vialidad invernal a principio de los años setenta.

En nuestro país, la Dirección General de Carreteras comienza en este periodo los primeros ensayos para fomentar el empleo de fundentes químicos. Es a partir de 1973 cuando por primera vez se utilizan fundentes en puertos o tramos de carretera con cierto nivel de servicio y en el mes de noviembre de 1975 ya se recogían determinadas recomendaciones para el empleo, carga y almacenamiento de fundentes químicos y abrasivos.

Por desgracia, los equipos de extendido de aquella época no estaban concebidos para efectuar dosificaciones controladas, ni tampoco se presentaba uniforme la distribución del producto sobre la calzada, factores ambos sin importancia alguna para los abrasivos pero muy importantes en el caso de los fundentes.

En los años ochenta, gracias a las importantes mejoras aportadas por los extendedores tradicionales, 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 en España, así como en el resto de las administraciones de carreteras de nuestro país, son el cloruro sódico (ClNa) y el cloruro cálcico (Cl<sub>2</sub>Ca), fundamentalmente en forma sólida para tratamientos curativos y humidificados o en forma de salmueras para tratamientos preventivos. También se emplea el cloruro de magnesio pero en menor medida que los anteriores.

En otros ámbitos de actuación tales como infraestructuras aeroportuarias es habitual el empleo de acetatos (acetato de calcio - magnesio y acetato de potasio) y urea, menos agresivos con este tipo de usuarios e instalaciones, pero con un coste bastante más elevado.

Otros 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; bien porque 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.

## 4.2.- ASPECTOS GENERALES

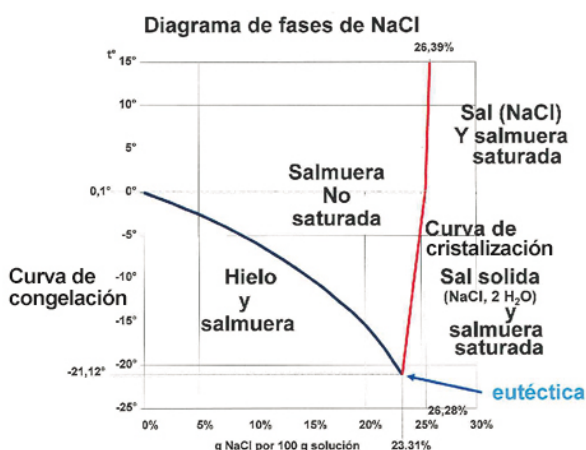
Los fundentes químicos aplicados a vialidad invernal son productos, naturales o no, que tienen la propiedad de impedir la formación de hielo o facilitar su fusión en el caso de que ya se hubiera formado. Esta propiedad hace que los fundentes puedan ser utilizados tanto en tratamientos preventivos actuando como anticongelantes, como en tratamientos curativos fundiendo el hielo y la nieve existente en el pavimento.

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.

Los aspectos a considerar para la utilización de un material como fundente son:

### 4.2.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL

Los materiales empleados en los trabajos de vialidad invernal constituyen un papel fundamental en la eficacia y eficiencia de dichos trabajos. En este sentido, se hace imprescindible que el personal



dedicado a los mismos conozca en todo momento las características principales de los productos empleados, de forma que sea posible definir e identificar el fundente de manera inequívoca y hacer un correcto uso y manipulación del mismo.

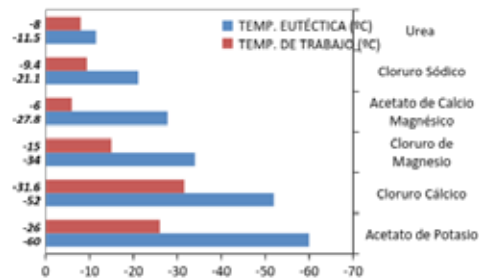
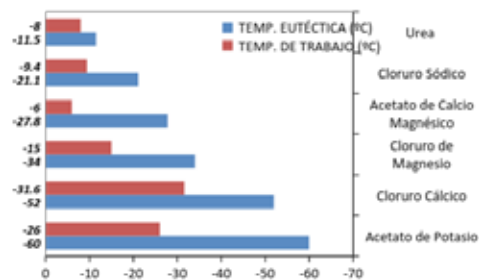
Dentro de estas características básicas podríamos citar la composición y procedencia, densidad, forma de suministro, modo de almacenamiento y tipo de reacción al disolverse en agua (endotérmica si requiere aporte de calor externo para disolverse en agua o exotérmica si desprende calor al disolverse).

#### 4.2.2.- TEMPERATURA Y CONCENTRACIÓN EUTÉCTICA

En general se conoce como "punto eutéctico" (del griego: fusión fácil), como la temperatura más baja a la cual puede existir la fase líquida. A esta temperatura le corresponde una concentración que consecuentemente recibe el apelativo de concentración eutéctica.

Aplicado a la vialidad invernal se definen como la mínima temperatura y la máxima concentración para las cuales la solución del fundente en agua produce la fusión del hielo - nieve y no permite que 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).



#### 4.2.3.- TEMPERATURA DE TRABAJO

La temperatura eutéctica es un valor teórico y, podría ser un valor 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.

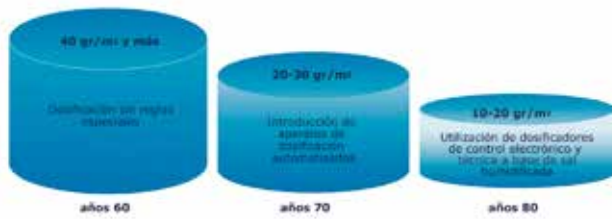
#### 4.2.4.- TÉCNICAS DE APLICACIÓN

Cada tipo de fundente tiene su propia técnica de aplicación. En función de las características del producto podremos determinar el momento más adecuado para su empleo, bien como anticongelante en tratamientos preventivos o como descongelante en tratamientos curativos.

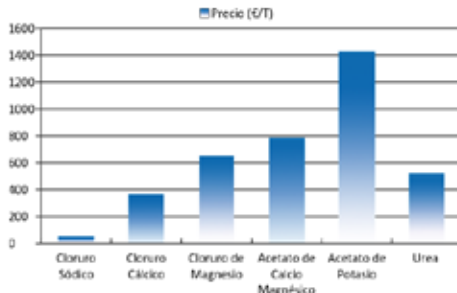
De igual modo, dichas cualidades nos aportan la información necesaria para determinar el modo de empleo de cada fundente con el fin de conseguir su máxima eficacia: en forma sólida, líquida (salmuera) o prehumidificado.

#### 4.2.5.- DOTACIÓN

Además de la temperatura de trabajo, un aspecto fundamental para optimizar la eficacia y eficiencia



Evolución de la dosificación media aplicada



del fundente es la dotación a emplear del mismo.

El éxito en la técnica de aplicación de fundentes radica en la dosificación adecuada – “no más de lo estrictamente necesario” – . Este aspecto ha constituido un avance importante desde las primeras actuaciones tal y como puede observarse en la gráfica anterior, como resultado de la experiencia adquirida y la tecnificación aplicada a la vialidad invernal.

Las dosificaciones que se emplean en la actualidad pueden variar entre 5 y 60 gr/m<sup>2</sup> , dependiendo 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.

#### 4.2.6.- 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 (deterioro de los pavimentos, corrosión de armaduras del hormigón armado) y a su equipamiento (barreras de seguridad, señales, etc.).

De ambos problemas, la afección a la infraestructura, especialmente a las estructuras de hormigón armado, es la 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 y dosificaciones

ajustadas en las estructuras de este tipo con gran exposición a los fundentes.

Por su parte, los pavimentos bituminosos son igualmente sensibles a los fundentes, bien porque su capa de rodadura sea permeable o porque el pavimento se encuentre deteriorado con grietas o fisuras aparentes. En todos estos casos, la sal en disolución penetra por los huecos, grietas y fisuras, generando presiones elevadas que pueden provocar o acelerar su rotura.

#### 4.2.7.- PRECIO

Especialmente importante podemos considerar el coste de los distintos fundentes así como la disponibilidad de los mismos para un área geográfica determinada, siempre que tengamos certeza de que el fundente considerado cumple con los objetivos exigidos.

En resumen, la correcta elección de un fundente depende de un gran número de factores entre los que lógicamente como ya hemos indicado anteriormente, el precio tiene un peso muy importante y condiciona en gran medida su utilización, principalmente cuando es empleado en grandes cantidades como sucede en vialidad invernal.

Otros aspectos que cabe mencionar en la elección del producto serían la climatología del área donde se realicen los tratamientos, el grado de disponibilidad del fundente en un punto geográfico determinado, el grado de importancia de su posible afección medioambiental, los condicionantes para su correcto almacenamiento, etc.

En este sentido, podemos afirmar que el fundente que mejor se adapta actualmente en nuestro país a las necesidades del servicio de vialidad invernal es el cloruro sódico debido fundamentalmente a:

- La latitud geográfica de nuestro país, con unas temperaturas invernales habitualmente nada 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 es 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 ion 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 o la urea, que a pesar de tener un precio muy superior al cloruro sódico, son más seguros para el hormigón armado, evitando la corrosión y el desprendimiento.

### 4.3.- EL FUNDENTE QUÍMICO

#### 4.3.1.- PRINCIPIO DE ACCIÓN DE LOS FUNDENTES

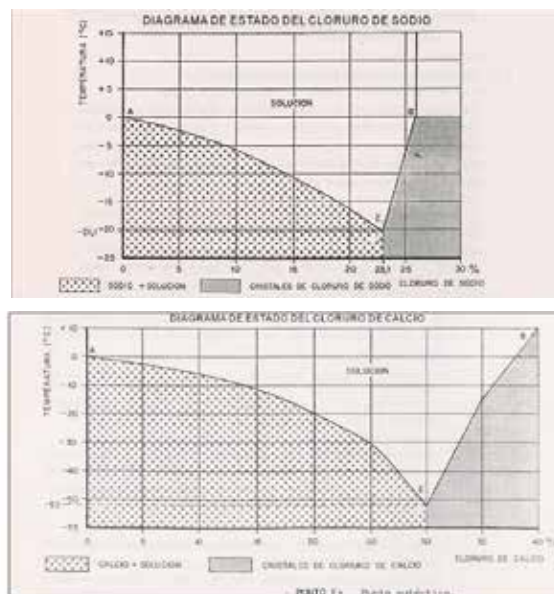
Como ya se ha comentado en el apartado anterior, los fundentes son productos, naturales o no, que tienen la propiedad de impedir que se forme hielo, bajando el punto de congelación del agua a temperaturas inferiores a 0°C, o de fundirlo en el caso de que ya se hubiera formado. Es precisamente debido a esta propiedad, por lo que los fundentes químicos son susceptibles de empleo tanto en tratamientos preventivos como en tratamientos curativos.

Antes de que el fundente seco pueda actuar como tal se debe disolver, formando una solución. La humedad necesaria para ello proviene de la nieve de la calzada o de la humedad ambiental.

Sobre la superficie del hielo coexisten moléculas de H<sub>2</sub>O en las fases sólida (hielo) y líquida (agua), de tal manera que continuamente las moléculas migran del líquido hacia el hielo - el agua se congela - y del hielo hacia el líquido - el hielo se funde - a la temperatura de congelación (0° C, a la presión atmosférica).

Si se añade sal al hielo, esta se disuelve en la capa de agua que cubre la superficie helada (sin incorporarse al hielo).

Así pues, la sal disuelta en el agua altera el equilibrio dinámico en el intercambio de moléculas de H<sub>2</sub>O, entre la fase sólida y líquida que había a 0° C, favoreciendo la incorporación de moléculas a la fase líquida.



Como vemos en los cuadros adjuntos (diagrama de estado de cloruro sódico y cloruro cálcico, respectivamente), la temperatura de congelación de la solución disminuye aumentando la cantidad de fundente, si bien esta disminución no crece indefinidamente, sino que se detiene a partir de una determinada concentración. Superada esta concentración de fundente, la temperatura de congelación de la solución comienza de nuevo a subir hasta llegar a los 0°C.

La concentración de fundente correspondiente al punto eutéctico se le denomina "concentración eutéctica". Para soluciones de cloruro sódico (ClNa), la concentración eutéctica es del 23,1% y para soluciones de cloruro cálcico (Cl<sub>2</sub>Ca), la concentración eutéctica es del 30%.

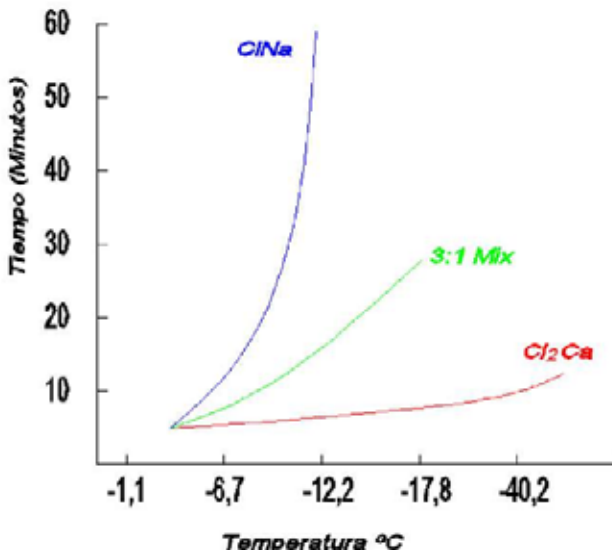
En estos casos, estas soluciones de fundente con concentraciones de 23,1% de cloruro sódico o del 30% de cloruro cálcico, no se congelarían, o podrían fundir el hielo si ya existiera, hasta una temperatura de -21,1°C o de -52° C, respectivamente. A partir de esas temperaturas, se perdería el efecto "fundente" de estos productos.

Aunque, como se ha indicado, el efecto fundente de estos productos se produce físicamente hasta las temperaturas del punto eutéctico, realmente éstos dejan de ser eficaces mucho antes, (-5° para el cloruro sódico y -35° C para el cloruro cálcico) ya que el tiempo empleado en hacer efecto empieza a incrementarse considerablemente.

Todo ello se debe al tipo de reacción que se produce en los procesos de disolución del fundente en el medio acuoso. En la disolución del cloruro sódico, la reacción que se produce es de carácter "endotérmico", es decir, necesita un aporte externo

de calor para poder dar lugar a ese nuevo producto (solución de ClNa en agua). Este calor necesario para la generación de la solución se extrae de los elementos en contacto con el fundente, en nuestro caso, el pavimento y el aire.

Por el contrario, la disolución del cloruro cálcico en agua produce una reacción de carácter exotérmico, es decir, en el proceso de producción de esa solución se genera calor. Este efecto complementario es, como veremos más adelante, tremendamente beneficioso a la hora de su utilización conjunta.



Los factores pues que intervienen en la acción anticongelante o descongelante de los fundentes, según se trate de evitar la formación de hielo o de fundir el hielo formado, son fundamentalmente la concentración de fundente y la temperatura de trabajo, que en definitiva determinan el tiempo de reacción del fundente y por tanto el tipo de fundente a emplear.

En consecuencia, la estrategia a seguir para evitar la formación de hielo, consistirá en la extensión previa de fundentes sobre el pavimento buscando la formación "in situ", en el momento en el que se produzca la aparición de agua o nieve, de una solución de fundente sobre la propia calzada. En nuestras latitudes con carácter general el fundente a emplear será el cloruro sódico (ClNa). Cuando las temperaturas existentes o previstas sean próximas o inferiores a -5°C, será necesaria la aplicación también de cloruro cálcico (Cl<sub>2</sub>Ca), en las adecuadas proporciones, buscando fundamentalmente que actúe como agente exotérmico, generador de calor, para facilitar la disolución del cloruro sódico. En aquellos casos en los que las temperaturas sean claramente muy bajas, inferiores a -15°C, es cuando el cloruro sódico perderá toda su capacidad como fundente, por lo que habrá que recurrir en exclusiva al cloruro cálcico.

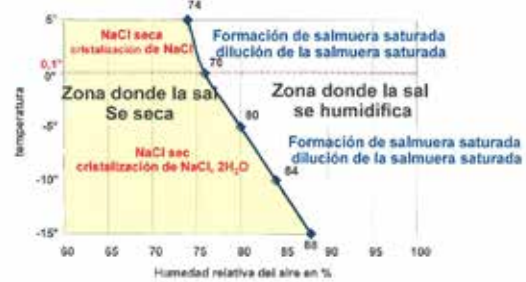
El objetivo será por tanto conseguir que la concentración de esta soluciones fabricadas "in situ" sobre el pavimento se mantenga próxima en todo momento a la concentración eutéctica, 23,1% para el cloruro sódico y 30% para el cloruro cálcico, de suerte que se garantice unos puntos de congelación cercanos a los máximos posibles. Hay que tener en cuenta, que precipitaciones fuertes, continuas o tormentosas, o heladas muy severas reducen la cantidad de fundente existente sobre el pavimento, disminuyendo la concentración de la solución, por lo que se hace necesario insistir en el extendido de fundentes. Esta circunstancia se pone especialmente de manifiesto en nevadas intensas.

#### 4.3.2.- COMPORTAMIENTO QUÍMICO-FÍSICO TRAS EL EXTENDIDO EN CARRETERA

El cloruro sódico como ya hemos indicado es higroscópico, y reacciona con la humedad contenida en la atmósfera, dependiendo también de la temperatura, a partir de humedades relativas del 75%. En esta propiedad se basa la capacidad descongelante de la sal.

Este fenómeno es fácil de notar, ya que la sal, en la atmósfera húmeda, se vuelve pegajosa. El vapor de agua se condensa en la superficie del cristal, y el calor latente de evaporación se reintegra al ambiente circunstante.

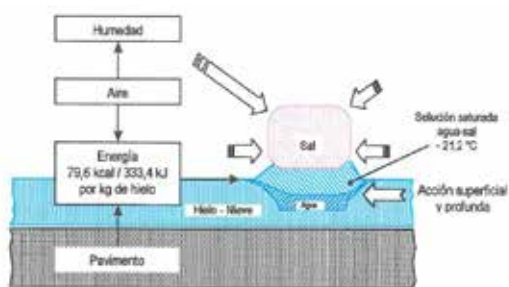
La cesión de calor al ambiente provoca un enfriamiento de los cristales de sal o, más precisamente, de la solución acuosa que va formándose en la



superficie de los mismos, teóricamente hasta que la temperatura de esta solución alcance el valor correspondiente a la solución saturada, es decir - 21,2°C.

A esta baja temperatura nos encontramos bastante más abajo del punto de rocío de la atmósfera, por lo que se produce una condensación adicional de vapor ácuo en el cristal, es decir una nueva cesión de calor o absorción de frío del ambiente, hasta que todo el cristal se disuelve en una solución saturada.

Esta absorción del frío, y especialmente el calor de la condensación que así se libera, genera el proceso de descongelación.



Al término de esta reacción nos encontramos con una solución saturada, con concentración del 23,1 % a una temperatura de  $-21,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Supongamos ahora esta situación teórica en la cual todos los cristales de sal se hayan transformado en solución y que todos los cristales de hielo se hayan fundido.

Si la atmósfera en proximidad de la capa de rodadura fuera más caliente que la solución de sal, entonces ésta, al estar más fría, seguirá condensando humedad hasta alcanzar el punto de rocío; este proceso de condensación se realiza con cesión de calor al ambiente y a la misma solución, y continúa hasta que la concentración alcanzada se corresponda con el valor de la temperatura en la curva de solución.

Si ahora la temperatura aumenta sin que se incremente la temperatura del punto de rocío (es decir, si el aire se vuelve más seco), la concentración de la solución aumenta hasta que el cloruro de sodio cristalice nuevamente y la solución se seque completamente.

Por el contrario, si sube la temperatura del punto de rocío (es decir, si la diferencia entre la temperatura del punto de rocío y la temperatura efectiva se vuelve inferior a  $21,2^{\circ}\text{C}$ ), vuelve a producirse el proceso de formación de la solución y la carretera se vuelve húmedo- salada.

Si en cambio la temperatura absoluta disminuye, en una concentración determinada, por debajo del punto de congelación de la solución, entonces se substraen agua a la solución que se transforma en hielo. De esta manera, la concentración de la solución restante se vuelve por consiguiente más alta.

Estas reacciones se producen con frecuencia, y en todo caso durante todo el tiempo en el que la sal está presente sobre el pavimento.

Debemos hacer mención sobre los procesos de niebla por la afección que esta produce sobre los fundentes aplicados sobre la carretera. A modo de ejemplo, una niebla en ambiente (visibilidad inferior a 200m) puede aportar en 15 horas, entre 20-60

gramos de agua/m<sup>2</sup>. En estas circunstancias, la salmuera absorbe humedad de forma constante, disolviéndose cada vez más y en consecuencia disminuyendo su capacidad de protección anticongelante, favoreciendo de este modo la posible formación de placas de hielo.

También relacionado en cierto modo con la niebla, podemos mencionar otro proceso especialmente peligroso como es la congelación del agua de lluvia. Debido a los repentinos cambios atmosféricos, puede suceder que a un período particularmente frío, durante el cual el paquete de firme se ha enfriado mucho, le siga una lluvia lenta o un aumento sensible de la humedad relativa en la atmósfera, por ejemplo en caso de formación de niebla.

Esta situación, previsible en principio por los meteorólogos, es seguramente la más peligrosa de manera absoluta.

Por un lado, la lluvia persistente lava y elimina la sal previamente extendida en la capa de rodadura; por el otro, la cesión de calor por parte de la lluvia o de la humedad atmosférica incrementada en fase de condensación no resulta suficiente para calentar el cuerpo de la carretera de manera que impida la congelación de la precipitación.

En esta situación es necesario extender sal varias veces hasta que las condiciones del ambiente no se estabilicen.

#### 4.3.3.- CLORURO SÓDICO (CINa)

El cloruro sódico es, sin lugar a dudas, el producto más utilizado como fundente. Se extrae directamente de las minas de sal o se obtiene por evaporación de agua marina o de soluciones de detritus de mina.

Se presenta bajo una forma cristalina de tipo cúbico y está disponible para su utilización en el servicio invernal en diferentes granulometrías o líneas granulométricas.

Las sales minerales presentan cristales con dimensiones de 0,2 – 5 mm mientras que las sales procedentes de salina presentan cristales con dimensiones de 0,2 – 1mm.

Se emplea en forma sólida, humidificado o como salmuera, entendiéndose como tal las soluciones de agua y sal. Su densidad aproximada se sitúa en torno a  $1,2\text{ T/m}^3$ .

No existe actualmente ninguna norma que fije las características que debe reunir la sal cuando se emplea como fundente, si bien en el artículo 288 del "Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes" (PG-3), se



Evolución de la dosificación media aplicada

hace referencia al cloruro sódico con indicación de cantidades en cuanto a composición química y granulométrica. De la lectura del citado artículo no parece deducirse que estas indicaciones se refieran específicamente a la sal cuando es empleada como fundente.

No obstante lo anterior, se recomienda que el cloruro sódico a emplear como fundente tenga las siguientes características:

- Producto activo: > 90 %
- Contenido de agua: < 3%
- Granulometría: entre 0, 3 y 5 mm.

La granulometría tiene una gran influencia en la eficacia del ClNa. Los elementos finos, inferiores a 1 mm, permiten una mayor permanencia de la sal sobre la calzada, lo que favorece la eficacia de los tratamientos preventivos al presentar una mayor superficie específica.

Por el contrario, los elementos gruesos actúan positivamente en los tratamientos curativos debido al mayor peso de las partículas lo que favorece su capacidad de penetración. Además, la granulometría del producto influye en la distancia de lanzamiento de los granos desde el plato giratorio del esparcidor o extendedor de fundentes.

Este producto se suministra a granel, debiendo comprobarse al ser recibido que esté limpio y exento de elementos extraños. Normalmente se incorpora al cloruro sódico ferrocianuro (sódico o potásico), en proporciones reducidas, con el fin de evitar su apelmazamiento en el lugar de acopio, especialmente cuando se trata de silos.



El cloruro sódico es eficaz hasta -5º C. Por debajo de esta temperatura se ralentiza su capacidad de acción llegando a anularse en la práctica a partir de una temperatura de -15º C. Por este motivo, es a partir de -5º C cuando se suele emplear mezclado con cloruro cálcico, que es eficaz, en la práctica, hasta -35º C.

Para que el cloruro sódico actúe como fundente precisa disolverse para lo cual necesita una aportación de calor del pavimento o de la atmósfera, generado por el propio tráfico o por el calor latente del aire. Factores tales como el viento, que provoca el enfriamiento del aire y del pavimento, la disminución del tráfico, las temperaturas especialmente bajas o un tiempo nublado, retardan de un modo considerable la acción fundente del producto. La utilización del cloruro cálcico en estos casos es muy importante por un lado aportando las calorías necesarias y por otro absorbiendo la humedad del aire directamente, lo que facilita la disolución del cloruro sódico.

Tamiz UNE (apertura mm)	Tamiz ASTM		% que pasa
	Designación	apertura (mm)	
5,0	Nº4	5,00	100
2,0	Nº10	2,00	70
1,0	Nº18	1,00	25
0,5	Nº35	0,50	5

#### 4.3.4.- CLORURO CÁLCICO (Cl<sub>2</sub>Ca)

Esta sustancia es un subproducto de la fabricación de la sosa. Es muy higroscópico y de gran eficacia a bajas temperaturas.

Como fundente es utilizado en forma sólida y como salmuera, utilizándose fundamentalmente mezclado con cloruro sódico en una proporción que se suele situar en 2/3 de sódico (ClNa) y 1/3 de cálcico (Cl<sub>2</sub>Ca).

El cloruro de calcio se suministra en forma de escamas o laminitas de hidróxido de calcio prácticamente puro, de 1,25 mm de espesor aproximadamente y un tamaño medio comprendido entre los 3 y los 3,5 mm. De igual manera que en el caso del cloruro sódico, no existe actualmente ninguna norma que fije las características que debe reunir cuando se emplea como fundente, si bien en el artículo 282 del "Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes" (PG-3), se hace referencia al cloruro cálcico con indicación de cantidades en cuanto a composición química y granulométrica. De la lectura del citado artículo parece deducirse que se refiere más a su utilización como aditivo del hormigón, acelerante de fraguado, que como fundente.

No obstante, cuando se emplea como fundente tradicionalmente se exige que su contenido mínimo en cloruro cálcico sea superior al 77 %. Se sirve en sacos de 50 kg, herméticamente cerrados a causa de la gran higroscopicidad del producto.

A diferencia del cloruro sódico, al disolverse en agua es exotérmico, desprendiendo calorías, que hacen fundir la nieve o el hielo, acelerando y facilitando la disolución de la sal en agua. Además su higroscopicidad le permite absorber la humedad del aire actuando muy rápidamente.

Dos características limitan la utilización del cloruro cálcico como fundente:

- Por un lado su elevado coste, muy superior al del cloruro sódico, lo que hace aconsejable reducir su empleo en beneficio de este último producto, siempre que sea posible.

- Y sobre todo la posibilidad de que su empleo en tratamientos preventivos haga disminuir la adherencia de la calzada, situación que puede ponerse de manifiesto cuando éste no se encuentra convenientemente mezclado. Por ello en su utilización se debe garantizar su homogénea mezcla con el fundente base que se esté empleando, normalmente cloruro sódico.

Como resumen, podemos indicar que la utilización de cada fundente dependerá de la temperatura de trabajo, y consecuentemente el tiempo de reacción, siendo recomendable el empleo de los mismos de acuerdo con la siguiente tabla:

#### 4.3.5.- OTROS FUNDENTES MENOS USUALES

##### 4.3.5.1.- CLORURO DE MAGNESIO (MgCl<sub>2</sub>)

Es un subproducto de la fabricación de la potasa. Producto de elevada higroscopicidad por lo que se utiliza en solución, diluido en agua, en forma de salmuera.

Su uso fundamental es para tratamientos curativos ya que su uso en tratamiento preventivo no está recomendado debido a que disminuye la adherencia del neumático en carretera tras su aplicación.

Se emplea por encima de -9°C (aunque su punto eutéctico se encuentra a -33,5°C).

Su uso en España nunca ha sido significativo, no así en Alemania donde su precio lo hace competitivo con el cloruro sódico.

##### 4.3.5.2.- UREA (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>)

La urea normalmente es utilizada como fertilizante, sin embargo también se usa como fundente ya que tiene un alto poder anticongelante y tiene un grado de corrosión muy bajo.

TRATAMIENTO	TEMPERATURA	FUNDENTE
PREVENTIVO	superior a -15°C	Cloruro Sódico (ClNa)
	igual o inferior a -15°C	Cloruro Cálcico (Cl <sub>2</sub> CA)
CURATIVO*	superior a -5°C	Cloruro Sódico (ClNa)
	inferior a -5°C y superior a -15°C	2/3 Cloruro Sódico (ClNa) + 1/3 Cloruro Cálcico (Cl <sub>2</sub> CA)
	inferior a -15°C	Cloruro Cálcico (Cl <sub>2</sub> CA)

(\* En presencia de agua en forma de hielo o nieve)

La urea es el agente de deshielo más utilizado en aeropuertos (nota corrector: en aeropuertos en España. En Europa hace años que ya no se utiliza) por su bajo efecto corrosivo. Presenta una granulometría en forma de micropérlas de 1 a 2 mm de diámetro, lo que la hace muy ligera y fácilmente desplazable por la acción del viento, por lo que su utilización como fundente se realiza habitualmente diluida en agua.

Su almacenamiento debe realizarse siempre protegiéndola del sol y de la humedad.

La Urea deja un residuo en el suelo que posee un alto poder nutriente, por lo que puede generar problemas de eutrofización (una abundancia anormalmente alta de nutrientes que hace inviable la existencia de la mayoría de las especies que previamente formaban dicho ecosistema).

Adicionalmente su precio es muy elevado, y por tanto su utilización está reservada a zonas específicas en las que su bajo poder corrosivo puede hacer aconsejable su uso, como ocurre en los aeropuertos o en algunas estructuras especiales.

#### 4.3.5.3.- ALCOHOLES Y GLICOLES

Productos muy caros, de uso casi exclusivo en algunos aeropuertos donde son aplicados mediante equipos de extendido que alcanzan anchuras de 16 m.

#### 4.3.5.4.- ACETATO DE CALCIO MAGNESIO

Diversas investigaciones indican que el acetato de calcio-magnesio es la alternativa con menos consecuencias negativas. Es un material sólido que se disuelve en agua y que además de ser relativamente inocuo para plantas y animales, no corroe el metal ni daña las carreteras.

Otra sustancia de las mismas características es el acetato de potasio, que sirve de base para anticongelantes comerciales libres de cloro.

¿Cuál es el problema entonces? Pues el mismo de siempre: su coste, que supera en más de 20 veces superior al de la sal.

No obstante estas sustancias no son la "panacea universal", y su efectividad es inferior cuando la acumulación de nieve es muy grande. Por ello, antes de utilizarlas, es preferible el uso previo de máquinas quitanieves para acelerar el proceso.

Presenta además algunas dificultades de uso en seco por su baja densidad y por ser muy fino, por lo que además es agresivo para la salud de los operarios

## 4.4.- EMPLEO DE LOS FUNDENTES

### 4.4.1.- FORMAS DE EMPLEO

La siguiente cuestión que se plantea es cómo emplear los fundentes: en forma sólida, en solución (salmuera) o en estado sólido humidificado con salmuera.

Hasta hace unos años los fundentes se empleaban en forma sólida de un modo generalizado, aun cuando se presentaba el problema de que en los tratamientos preventivos el producto era expulsado de la calzada por efecto del tráfico y del viento.

En zonas de elevada intensidad de tráfico en torno al 85% del producto extendido acababa en las cunetas debido a este fenómeno. Todo ello provocaba que no se alcanzase el objetivo previsto de mantener un adecuado grado de salinidad en la carretera, salvo que se repitieran periódicamente sucesivos tratamientos.

Estas circunstancias obligan a plantearse la posibilidad de empleo de las sales humidificadas o en solución (salmueras).

Esta estrategia no presenta alternativas en zonas de elevada intensidad de tráfico. Su gran ventaja radica en el mayor tiempo que el fundente permanece sobre la calzada y en la mayor homogeneidad que se obtiene al extender el producto.

La prehumidificación proporciona la humedad necesaria para realizar la disolución del fundente, lo que acelera su acción y además reduce la pérdida de material en un 30%, aproximadamente.

Con el extendido preventivo de fundentes se persigue dotar a la calzada de la cantidad de fundente necesaria para que cuando se produzca alguno de los fenómenos que puedan dar lugar a la formación de hielo (congelación de la humedad existente sobre calzada, condensación del vapor de agua atmosférico, precipitación de agua o precipitación de nieve) el fundente extendido reaccione con el agua dando lugar a una solución acuosa que congela a temperaturas inferiores a 0°C, en función de la concentración alcanzada y del tipo de fundente empleado.

Por tanto, los tratamientos preventivos, tanto contra el hielo como contra la nieve, son de vital importancia para evitar la formación de hielo, y se basan en el grado de eficacia alcanzado en el extendido del fundente. En consecuencia, con calzada seca el fundente debe ser extendido prehumidificado o en forma de salmuera. Esta última alternativa presenta además la gran ventaja de



que su aplicación resulta considerablemente menos agresiva con los vehículos que en ese momento circulan por la carretera.

Como posibles inconvenientes podría señalarse que su utilización mantiene la calzada húmeda, lo que en algunos casos transmite una cierta sensación de inseguridad a los conductores, especialmente en aquellas zonas donde no es frecuente la realización de este tipo de tratamientos.

Para el empleo de salmueras se requiere disponer de plantas de fabricación, depósitos de almacenaje y equipos esparcidores especiales. Para que la salmuera ofrezca la adecuada homogeneidad, y por tanto pueda ser utilizada en este tipo de trabajos, debe ser fabricada mediante plantas de fabricación destinadas a este uso específico. De esta forma se garantiza en todo momento que la concentración de fundente en la salmuera producida, alcance siempre la concentración eutéctica. La capacidad necesaria de almacenamiento del producto vendrá determinada por un lado en base a la capacidad de producción de la planta de fabricación, que normalmente viene limitada por la disponibilidad de agua, y por otro de la capacidad de extendido de la que se disponga.

Antes del inicio de cada campaña, debe comprobarse el correcto funcionamiento de las plantas, revisando las características de la salmuera fabricada (concentración y temperatura de congelación).

Si bien tradicionalmente la utilización de salmueras se consideraba que presenta ventajas exclusivamente en los tratamientos preventivos, las últimas tendencias se inclinan también por el empleo de éstas en tratamientos curativos tanto para la nieve como para el hielo, puesto que las



Planta de Fabricación de salmuera

ventajas anteriormente apuntadas son también aplicables en el caso de tratamientos curativos, con el único inconveniente de hacer necesaria una mayor atención en la aplicación de tratamientos para mantener una adecuada concentración de fundente sobre calzada y como ventaja añadida que aumenta la velocidad de actuación del fundente al encontrarse éste ya disuelto.

En resumen, se recomienda emplear los fundentes del modo siguiente:

- En tratamientos preventivos, con calzada seca se utilizará el fundente en forma de salmuera o humidificado con salmuera. Si la calzada está húmeda podrá utilizarse el fundente en estado sólido.
- En tratamientos curativos se utilizarán en forma sólida. (Se están empezando a utilizar en forma de salmuera).

Lógicamente debemos tener claro que en la humidificación de los fundentes solo podrán utilizarse salmueras, de cloruro sódico o de cloruro cálcico en base a la temperatura de trabajo, pero en ningún caso agua sola.

#### 4.4.2.- DOSIFICACIONES

Vamos a analizar a continuación las dosificaciones de los fundentes a emplear en función del tipo de tratamiento que se pretenda realizar: preventivo o curativo.

Los cuadros siguientes resumen los tipos de fundentes a emplear y sus dotaciones recomendadas, según se trate de tratamientos preventivos o curativos y en función del estado de la calzada, las temperaturas existentes, el espesor de la capa de hielo y el tipo

de nieve. Las cantidades que en ellos figuran tienen carácter meramente orientativo.

Cuando se habla de porcentajes en las cantidades de cloruro cálcico sólido, éstas son las cantidades máximas a alcanzar, es decir cuando las temperaturas son inferiores a - 5°C, y se indica que la mezcla a emplear contendrá 1/3 de cloruro cálcico, el significado real es que a partir de los -5°C empezaremos a añadir cloruro cálcico a la tolva del extendedor de fundentes. Según sigan bajando las temperaturas se incrementará la cantidad de cloruro cálcico, que podrá llegar a ser 1/3 de la capacidad del extendedor cuando las temperaturas alcancen los -15°C.

En cualquier caso, es fundamental que se produzca una buena mezcla de ambos productos, de forma que el cloruro cálcico quede perfectamente envuelto y disperso en el cloruro sódico.

Por el contrario, en el caso de las salmueras cuando se hace referencia al contenido de cloruro sódico y cloruro cálcico, estas cantidades son fijas, ya que no resulta viable disponer de infinitos tipos de salmueras en función de la dotación de cloruro cálcico. Por ello, tan solo podrán llegar a existir tres tipos: salmueras de cloruro sódico, salmueras de cloruro sódico y cloruro cálcico en la proporción 2/3 y 1/3, y salmueras de cloruro cálcico.

En teoría, los datos recogidos en los cuadros son correctos y lo ideal es poder llevarlos a la práctica, utilizando en cada momento el tipo de tratamiento más adecuado.

Como se ha indicado anteriormente, en la actualidad comienzan a utilizarse salmueras en la realización de tratamientos curativos contra la nieve.

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, si bien tiene el inconveniente de hacer necesaria una mayor atención en la aplicación de los tratamientos para mantener una adecuada concentración de fundente sobre la calzada.

A título meramente informativo se ha incluido un último cuadro con las dotaciones que se están empleando en algunos sectores en la ejecución de este tipo de tratamientos (tratamientos curativos contra nieve), que están todavía sujetas a futuros ajustes, pero que pueden ser tenidas en cuenta como punto de partida.

#### 4.5.- ALMACENAMIENTO DE FUNDENTES

Un aspecto que se ha mostrado de gran importancia a la hora de hablar de fundentes, es su almacenamiento, tanto en lo que se refiere a la capacidad de los mismos, que de acuerdo con la teoría tradicional debe estar entre el 50% y el 100% del consumo anual, en base al número de intervenciones al año, a menor número mayor capacidad de almacenamiento, y de la cercanía y facilidad de suministro.

Las condiciones de almacenamiento del fundente determinarán en gran medida tanto su capacidad de actuación a la hora de ser utilizado en la realización de los trabajos para el mantenimiento de la vialidad invernal, como su facilidad de manejo. Si el fundente se encuentra almacenado en las adecuadas condiciones permitirá su correcta aplicación, de acuerdo con las dotaciones previstas, y facilitará su manejo (carga en los esparcidores, extendido sobre calzada, etc.).

TRATAMIENTOS PREVENTIVOS CONTRA NIEVE Y HIELO				
ESTADO DE LA CALZADA		FUNDENTE	DOTACIÓN (gr./m <sup>2</sup> )/(cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	
CALZADA SECA	Humedad relativa < 75 %	salmuera de CINa	5-10	18,5-37,0
	Humedad relativa > 75 %	salmuera de CINa o CINa humidificado con salmuera de CINa	5-10	15,5-55,0
CALZADA LIGERAMENTE HUMEDA		CINa o CINa humidificado con salmuera de CINa	5-10	-
CALZADA MUY HUMEDA		CINa	10-15	-

TRATAMIENTOS CURATIVOS CONTRA HIELO		
TEMPERATURA	FUNDENTE	DOTACIÓN (gr/m <sup>2</sup> ) e < 2 (cm) e > 2 (cm)
t > - 5°C	CINa humidificado sólido o humidificado con salmuera de CINa	10-20    20-30
- 5°C > t > - 15°C	Mezcla de 2/3 de CINa + 1/3 de Cl <sub>2</sub> Ca	20-30    30-40
- 15°C > t	Cl <sub>2</sub> Ca sólido	20-30    30-40

Algunos estudios indican que el mayor daño ambiental que pudiera representar el empleo de fundentes químicos, está localizado básicamente en las zonas de acopio y se debe a derrames y filtraciones. Debido a que estas pérdidas, filtraciones o derrames tienen una altísima concentración de fundente, cualquier elemento medioambiental allí expuesto puede verse afectado al recibir dosis muy elevadas de fundente.

De ahí la importancia de los sistemas de almacenamiento, no siendo en ningún caso aconsejable ni deseable que el acopio de fundentes se encuentre al aire libre, sin proteger y en contacto directo con el terreno natural.

En el capítulo de Instalaciones y Medios auxiliares, se menciona con mayor detalle los diversos tipos de almacenamiento y las características que deben reunir en cada caso.

#### 4.6.- I+D+i

La mayoría de las soluciones utilizadas para combatir la nieve y el hielo en las carreteras están basadas como ya hemos comentado en el cloruro sódico, fundamentalmente por su eficacia y su carácter relativamente económico.

Sin embargo, el problema que presentan estos fundentes -daños producidos en materiales e infraestructuras así como posibles afecciones al medio ambiente- hace replantearse si el fin deseado (evitar accidentes de tráfico) justifica los medios, y afirmar que no siempre debe ser así.

Esto ha llevado a empresas y organismos a investigar el uso de nuevos productos a utilizar o de sistemas que mejoren el tradicional uso de la sal. En la actualidad, podemos mencionar varios productos que ya se están empleando en diferentes zonas del mundo para estos fines:

- Residuos de queso en Salmuera. En Milwaukee (EEUU) se está desarrollando un proyecto piloto para el uso de residuos de queso en salmuera como fundente de la nieve y el hielo de la ciudad, una solución más barata y ecológica que la sal. Se trata de una solución focalizada en una zona donde la producción de queso está muy extendida.

- Uso innovador de la remolacha, desarrollado por la empresa *K-Tech*, que permite tratar la sal para conseguir que tenga una mayor eficacia fundente, lo que implica que se emplee mucha menos cantidad de sal en actuaciones de vialidad invernal.

- Cenizas de la chimenea. Las cenizas producidas por las estufas de leña o chimeneas también pueden ser esparcidas por las aceras y calzadas para aumentar la tracción de las ruedas sobre el hielo, con la ventaja añadida de que estas cenizas no se convierten en residuos para el medio ambiente, ya que se disuelven de forma limpia, pudiendo actuar a su vez como fertilizantes.

- Aguas residuales procedentes del fracking (técnica para extraer gas o petróleo del subsuelo), que han sido autorizadas para su uso en varias carreteras del estado de Nueva York (EEUU).

- Residuos de hierba o de cocina: En la línea de aprovechar estos residuos para producir un tipo de sal de deshielo, están trabajando científicos de la Universidad de Wageningen de Holanda. El objetivo del proyecto desarrollado es conseguir acetato de magnesio a través de fuentes limpias.

- De la misma forma, están apareciendo productos aditivos para fundente, que mejoran de forma considerable sus cualidades. En esta línea, a modo de ejemplo podemos destacar subproductos del refinado de azúcar que no sustituye sino que mejora las cualidades de los fundentes:

- Grandes propiedades anticongelantes y de deshielo, siendo un inhibidor de la corrosión.
- Posibilita efecto a temperaturas más bajas, con un mayor rendimiento.
- Permite un uso menor de fundente.

#### 4.7.- PROYECTO DE BORRADOR DE NORMA EUROPEA

Más allá de las recomendaciones actuales que debe cumplir la sal empleada como fundente, citadas anteriormente en este capítulo, cabe mencionar que se está desarrollando actualmente un borrador de la nueva Norma Europea que contempla las características que deberá cumplir la sal empleada como fundente.

A modo de resumen podemos adelantar las novedades que contempla este borrador.

- Requerimientos Químicos: Contenido en NaCl mínimo y contenido máximo en SO<sub>4</sub>.
- Humedad: se clasifica la sal según su contenido de humedad.
- Seca
- Semiseca
- Húmeda
- Análisis granulométrico. Se clasificará la sal en cuatro grupos:
  - EF: Extrafina
  - F: Fina
  - C: Gruesa
  - EC: ExtraGruesa

- Requisitos generales: limitaciones en contenidos máximos en metales pesados e hidrocarburos:
- Aluminio, arsénico, cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel, plomo, cinc, cobalto e hidrocarburos.
- Etiquetado y descripción del producto:
  - Nombre y dirección del productor o fabricante
  - La denominación: sal para carreteras
  - Origen de la sal (marina, mina, solar, vacuum)
  - Peso neto
  - El número de la norma
- Requisitos para salmuera:
  - Contenido en NaCl
  - Contenido en SO<sub>4</sub>
  - Insolubles

TRATAMIENTOS CURATIVOS CONTRA NIEVE				
TIPO DE NIEVE	TEMPERATURA	FUNDENTE	DOTACIÓN (gr/m <sup>2</sup> )	
			e < 2 (cm)	e > 2 (cm)
EN FUSIÓN	t > - 5°C	CINa sólido	15-30	30-40
	-5°C > t > - 15°C	2/3 de CINa sólido + 1/3 de Cl <sub>2</sub> Ca sólido	20-30	30-40
	-15°C > t	Cl <sub>2</sub> Ca sólido	15-20	20-30
SECA O APELMAZADA	t > - 5°C	CINa sólido o humidificado con salmuera de CINa	20-30	30-40
	-5°C > t > -15°C	2/3 de CINa sólido + 1/3 de Cl <sub>2</sub> Ca sólido humidificado con salmuera (2/3 de CINa + 1/3 de Cl <sub>2</sub> Ca)	20-30	30-40
	-15°C > t	Cl <sub>2</sub> Ca humidificado con salmuera de Cl <sub>2</sub> Ca	15-20	20-30

## CAPÍTULO 5



## EQUIPOS (MAQUINARIA)

5.1.- Introducción.....	50	5.4.3.- Esparcidores de fundente mixtos.....	61
5.2.- Chasis portante.....	50	5.5.- Máquinas dinámicas.....	61
5.3.- Máquinas de empuje.....	52	5.5.1.- Turbinas.....	61
5.3.1.- Hojas quitanieves.....	52	5.5.2.- Fresas.....	62
5.3.2.- Cuñas quitanieves.....	54	5.5.3.- Turbofresas.....	63
5.4.- Esparcidores de fundente.....	55	5.6.- Máquinas auxiliares.....	63
5.4.1.- Esparcidores de fundente sólido.....	58	5.7.- Mantenimiento.....	64
5.4.2.- Esparcidores de salmuera.....	60		



## 5.1.-INTRODUCCIÓN

Como ya se ha comentado con anterioridad, el problema que se presenta en la seguridad del tráfico rodado en términos de vialidad invernal, radica en la formación de una capa de hielo, la cual hace disminuir la superficie de contacto del neumático con el suelo y en consecuencia el vehículo pierda tracción e incluso que resbale sin control.

Teniendo en cuenta la temporalidad asociada a la vialidad invernal, más acusada si cabe en el caso de nuestro país, lo más habitual es el empleo de chasis portantes polivalentes, a los cuales se acoplan los implementos y máquinas específicas de vialidad invernal. De este modo se consiguen optimizar los vehículos en otro tipo de tareas y amortiguar en cierto modo el elevado coste que supone la inversión destinada a vialidad invernal.

Entre los vehículos empleados en vialidad invernal, podemos citar los siguientes tipos:

- Vehículos pesados, generalmente camiones 4x4 o 6x6, siendo este tipo de vehículos por su rendimiento, el más empleado en la actualidad.
- Vehículos ligeros, principalmente del tipo todo terreno o pick-up, destinados a actuaciones más localizadas.
- Vehículos tractores, más habituales en pequeños núcleos de población o zonas rurales con dificultad de acceso.

La maquinaria que actualmente se emplea para realizar labores de "mantenimiento invernal", tiene como objetivo principal mantener en estado de tránsito las calzadas y zonas de servicios, facilitando



este tipo de trabajos y reduciendo el tiempo de intervención en conseguir esa premisa.

En función del tipo de actuación a realizar, podemos hacer una clasificación sencilla de la maquinaria empleada en vialidad invernal:

- Máquinas de empuje para la eliminación de la nieve acumulada en la superficie, pudiendo distinguir en función de la superficie de ataque frente a la nieve: hoja, cuña, fresa.
- Esparcidores de fundente para el tratamiento de superficies, pudiendo distinguir en función del tipo de fundente utilizado: sólido, líquido o mixto.
- Máquinas dinámicas para la eliminación de grandes espesores de nieve, fundamentalmente turbofresas y turbinas.
- Máquinas auxiliares, que no actúan exclusivamente en la calzada, pero son habituales para el mantenimiento invernal, entre las que podemos citar plantas de fabricación de salmueras, maquinaria de obra pública como palas cargadoras, motoniveladoras, minicargadoras, sistemas de transporte de fundente, etc, algunas de las cuales ya se han citado en otros capítulos de este monográfico.

En este sentido, el avance tecnológico aplicado al diseño de las diferentes máquinas ha permitido con el paso del tiempo, optimizar los rendimientos de las mismas, consiguiendo de este modo mayor eficacia en las actuaciones de vialidad invernal.

Cabe mencionar que actualmente existe una Norma Armonizada donde se define la "terminología" a emplear para definir los equipos y las diferentes partes de los mismos: UNE-EN 5144:2007. Equipos de mantenimiento invernal. Terminología. Terminología relativa al mantenimiento invernal.

## 5.2.- CHASIS PORTANTE

Como se ha indicado anteriormente, la elección del chasis o vehículo portante para su empleo en vialidad invernal, dependerá de las actuaciones que se requieran desempeñar.

Lo más habitual es decantarse por vehículos pesados con tracción integral, polivalentes en la mayoría de los casos, de forma que permitan desempeñar otras funciones fuera de la temporalidad invernal. Para complementar estos camiones quitanieves dentro del extenso ámbito de actuaciones asociadas a la vialidad invernal, se hace necesario recurrir a vehículos más ligeros o compactos, que puedan



Chasis portante

cubrir las necesidades que puedan producirse en zonas más localizadas.

El camión de doble eje 4x4 es el vehículo más generalizado, con potencias que varían desde los 250 a 410 CV aproximadamente, y con una configuración específica de vialidad invernal en los últimos chasis incorporados al mercado.

El acoplamiento de las máquinas de empuje al chasis se realiza a través de una placa delantera fija al bastidor, con un sistema de enganche rápido. Para homogeneizar al máximo el reparto de cargas, suelen disponer del eje delantero reforzado teniendo en cuenta el sobrepeso que se genera en esta zona del vehículo donde se incorporan los implementos de empuje.

Cuando las actuaciones se lleven a cabo en carreteras con dificultad orográfica, es importante que este tipo de vehículos tengan una distancia reducida entre ejes de manera que disminuya el radio de giro facilitando su maniobrabilidad.

En el caso de vías de gran capacidad o donde se requiere mayor autonomía de trabajo, nos encontramos chasis 6x6, que permiten incorporar esparcidores de fundente de mayor capacidad, e inclusive en determinados casos equipos dobles de empuje –frontal y lateral– que aportan mayor rendimiento en el mantenimiento invernal.

Entre las características específicas que deberían contemplar este tipo de vehículos, podemos citar las siguientes:

- Disposición ergonómica de los mandos para el manejo de los útiles quitanieves desde la cabina.



- La incorporación del aluminio en vez del acero - en mayor o menor medida - en aquellas zonas del chasis más expuestas a la corrosión que produce el fundente.
- Sistema de calefacción independiente en cabina para reducir el consumo de combustible en situaciones de reposo.
- Sistema de iluminación independiente, generalmente mediante una barra con focos en la parte superior de la cabina.
- Parabrisas en la parte superior de la ventana para facilitar la eliminación de la nieve.
- Lunas térmicas con amplia visibilidad.
- Señalización específica según normativa vigente.
- Rotulación específica.

Otro tipo de vehículo bastante generalizado en actuaciones de vialidad invernal es el chasis ligero, principalmente vehículos 4x4 con especificaciones tipo pick-up, y con potencias que oscilan entre 90 - 150 CV, permitiendo la instalación de un equipo ligero de empuje frontal, así como un esparcidor de fundentes de 1 a 2 m<sup>3</sup> de capacidad aproximadamente.

El acoplamiento de las máquinas en este caso es similar al de los vehículos pesados, disponiendo de una placa delantera fija al bastidor.

Por último, debemos reseñar un tipo de chasis de menor implantación que los citados anteriormente, pero que cubre un papel fundamental en zonas rurales de escasa población.



Nos estamos refiriendo al tractor, más habitual en labores agrícolas o forestales, pero que por sus reducidas dimensiones y capacidad de tracción, permite instalar ocasionalmente equipos quitanieves y de este modo actuar en pequeños núcleos de población y vías de acceso a las mismas, facilitando el quehacer diario de los usuarios en situaciones complicadas de vialidad invernal.

### 5.3.- MAQUINAS DE EMPUJE

La maquinaria de empuje se utiliza para retirar la nieve acumulada en la calzada, trasladándola al exterior de la misma.

El método de trabajo de este tipo de máquinas consiste en formar un ángulo oblicuo respecto al sentido de marcha del vehículo tractor. Dependiendo del tipo de máquina elegida podremos alejar en mayor o menor medida la nieve de la superficie donde se actúe.

Cabe mencionar 3 tipos de sistemas de empuje:

- Hojas quitanieves
- Cuñas quitanieves
- Fresas quitanieves

#### 5.3.1.- HOJAS QUITANIEVES

Las hojas o palas quitanieves son láminas de ataque frontal, con un peso que puede oscilar entre 150 y 1000 Kg, en función del chasis portante al cual vayan acopladas.

Podemos distinguir entre hojas planas y hojas curvas, en función del diseño de la lámina, aunque el uso más habitual radica en estas últimas, principalmente por su mayor rendimiento.



Las hojas planas son láminas planas o semicurvas, de ataque frontal con un peso entorno a los 150-180 Kg y se emplean principalmente con vehículos tractores de una potencia mínima de 90 CV.

Este tipo de máquinas son eficaces para el caso de nieve fundida con espesores inferiores a 10 cm y tienen el inconveniente de no desplazar la nieve demasiado lejos, por lo que su ámbito de actuación suelen ser muy localizado.

Las hojas curvas son láminas de forma curvada que permiten oscilar hacia la derecha o izquierda del sentido de la marcha. El ángulo de ataque puede ser fijo o variable y permite graduarse la presión ejercida por la hoja sobre la calzada, pudiendo actuar en régimen "flotante" el cual permite adaptar la superficie de la hoja a las imperfecciones de la calzada.



Sistema de flotación mediante soporte elástico



Disponen generalmente de sistemas de seguridad para absorber los golpes que puedan producirse con determinados obstáculos que puedan aparecer bajo la nieve – juntas de dilatación, bordillos, piedras, etc – evitando o minimizando los posibles daños en la maquinaria y la propia infraestructura.

En la fotografía adjunta se muestra un ejemplo de sistema de flotación mediante soporte elástico. Dentro de las Hojas curvas, podemos hacer una nueva distinción en función de su peso.

La gama ligera, con un peso inferior a 500 Kg, es adecuada para espesores de nieve de hasta 20 cm, y adaptable a vehículos tractores de potencia que oscila entre 90 - 150 CV.

El accionamiento puede ser neumático –menos habitual– hidráulico o electrohidráulico, y fabricadas en diferentes materiales plásticos y acero, así como la mezcla de ambos.

En este tipo de gama más ligeras es importante la elección del peso de la misma, de manera que no limite las condiciones de seguridad de los chasis portantes –vehículos pick-up principalmente– debido a que tienen unas limitaciones de empuje que afectan directamente a los chasis más que a la propia máquina.

Las gamas medias / pesadas, con peso superior a 500 Kg, son más apropiadas para actuar con espesores de nieve de hasta 30-35 cm, y van instaladas generalmente en vehículos con potencias superiores a 200 CV.

En general, todas las hojas quitanieves incorporan un elemento de desgaste en su parte inferior, que es la parte de la máquina que interactúa con el



pavimento, es lo que generalmente se denomina cuchilla.

Este elemento tradicionalmente ha sido fabricado con acero de alta dureza, aunque en la actualidad es habitual el uso de otros elementos de desgaste tales como materiales plásticos (poliuretano), productos derivados del caucho (neopreno) o material cerámico (corindón), de forma individual o a través de una combinación entre todos ellos.

Debido al rozamiento con el pavimento, estas cuchillas sufren un gran desgaste que en situaciones de trabajo continuo, exigen su sustitución tras pocas horas de trabajo. Dadas las condiciones adversas en que se produce esta intervención, es importante disponer de enganches rápidos en las hojas quitanieves para facilitar este tipo de trabajos. Actualmente en la Red de alta capacidad, autovías y autopistas, se emplean camiones quitanieves con doble hoja quitanieves, frontal y lateral. Este tipo de equipos permite conseguir mayor ancho de limpieza y en consecuencia mayor rendimiento en el servicio invernal, si bien lógicamente hace necesario el empleo de chasis portantes de mayor potencia, habitualmente camiones 6x6 de más de 400 CV.

Un factor a tener en cuenta es la velocidad de trabajo, que redundará en la eficacia del método y que en el caso particular de las hojas quitanieves oscila entre 40 – 75 km/hora, dependiendo del tipo de máquina empleada.

En la actualidad, este tipo de máquinas permiten ser configuradas con distintos sistemas o accesorios complementarios que mejoran su rendimiento.

Algunos de estos sistemas que consiguen gran efectividad son:



- Alerones con forma redondeada, para expulsar más fácilmente la nieve de la calzada.
- Hojas divididas en secciones que se adaptan mejor al pavimento.
- Hojas extensibles con mayor versatilidad.
- Sistemas de flotación por soportes elásticos.
- Sistemas con muelles en las cuchillas de desgaste.
- Doble cuchilla rascadora.
- Sistemas de enganche rápido de rascadoras.
- Ruedas castoras.
- Patines de desgaste metálicos y de material plástico.

Otro factor que debemos considerar es la compatibilidad de los equipos con los distintos tipos de chasis utilizados en vialidad invernal. En este sentido cabe mencionar que actualmente existe una Norma armonizada en la UE que define las medidas de amarre de estas máquinas para que puedan ser intercambiables entre cualquier chasis.

- EN 15432-1:2011: Equipos de vialidad invernal y mantenimiento de áreas de servicio en carreteras. Equipos montados en la parte frontal. Parte 1: Placas fijas montados en la parte frontal. (Ratificada por AENOR en marzo de 2012.

- EN 15432-2:2013: Equipos de vialidad invernal y mantenimiento de áreas de servicio en carreteras. Equipos montados en la parte frontal. Parte 2: Intercambiabilidad del sistema de elevación.



(Ratificada por AENOR en junio de 2013.) Tampoco debemos olvidar que las placas porta-implementos que se utilizan para el acoplamiento de las máquinas de empuje al chasis, están consideradas según la Reglamentación actual como una "MÁQUINA", debiendo contar con el correspondiente Certificado CE.

### 5.3.2.- CUÑAS QUITANIEVES

En el mercado actual se dispone de varios modelos de cuñas quitanieves, las cuales están diseñadas esencialmente para ser montadas en chasis portantes de gama media y pesada, siendo adecuadas para trabajar con espesores de nieve de hasta 80 cm.

Bajo estas circunstancias es habitual disponer de este tipo de máquinas en el mantenimiento de carreteras de montaña, así como en núcleos de población con cierto riesgo de aislamiento debido a





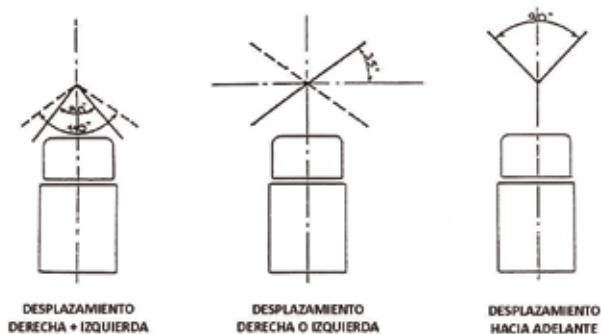
la climatología del lugar. En este último caso, suelen estar disponibles para su acoplamiento en vehículos tractores de la zona.

Las cuñas quitanieves al contrario que las hojas ya comentadas anteriormente, resisten pequeños golpes de obstáculos en la calzada y normalmente tienen menor coste de mantenimiento.

Podemos distinguir dentro de las cuñas quitanieves, las de ángulo fijo y ángulo variable.

En el caso de las primeras, hay dos factores que influyen fundamentalmente en su rendimiento, el ángulo de ataque y la forma del espolón central, en función de los cuales obtendremos mayor o menor grado de limpieza de nieve sobre la calzada.

Las cuñas de ángulo variable, en su origen tenían el problema de la ausencia del espolón central el cual estaba sustituido por la charnela de giro, y esta circunstancia generaba el inconveniente de dejar un cordón de nieve en el centro de la calzada.



Actualmente este problema ya se ha resuelto, y podemos disponer de cuñas de ángulo variable con alerones móviles de forma que pueden actuar como cuña con distinto ángulo de ataque o incluso como hoja quitanieves alineando ambos alerones. De este modo pueden trabajar expulsando nieve a derecha, izquierda, hacia ambos laterales a la vez e incluso, en tramos cortos donde no se puede desalojar hacia los lados, se configuran en forma de "V" invertida hacia adelante, lo que permite empujar la nieve de frente, hasta poder desalojar lateralmente el cúmulo arrastrado.

En lo que respecta al elemento de desgaste, disponen al igual que las hojas quitanieves, de cuchillas en la zona inferior de los alerones que trabajan en contacto con el pavimento despejando la nieve acumulada en la calzada.

En cuanto a la velocidad de trabajo de este tipo de máquinas, no debería excederse de 35 Km/h, siendo esta la más adecuada para conseguir una mayor eficacia y rendimiento.

Podemos extrapolar el mismo tipo de información ya comentada en el caso de Hojas quitanieves, en lo que respecta a las Normas vigentes que contemplan el montaje de este tipo de máquinas en los vehículos tractores.

#### 5.4.- ESPARCIDORES DE FUNDENTE

Entre los pautados genéricos de actuación asociados a la vialidad invernal contemplamos dos circunstancias comunes en este tipo de intervenciones.

- Tratamiento con material fundente la calzada y zonas tránsito y servicios, para evitar la formación de hielo.
- Tratamiento con material fundente la calzada y zonas tránsito y servicios, donde ya se ha formado una ligera capa de hielo, capa que no es lo suficientemente grande para ser eliminada de forma mecánica.

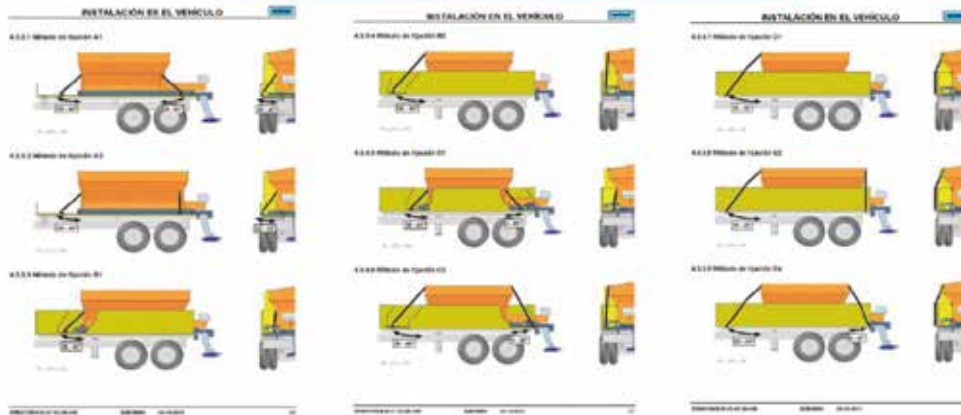
Para llevar a cabo este tipo de trabajos se recurre como método más generalizado en la actualidad al empleo de esparcidores o extendedores de fundente en sus distintas versiones disponibles, las cuales trataremos individualmente.

Este tipo de máquinas se disponen sobre el chasis del camión directamente o sobre la caja en caso de tratarse de un vehículo con este tipo de carrozado.

**EJEMPLOS DE FIJACIÓN UNE-EN 12195-1 :**

Ejemplos de los diferentes tipos de amarre, que dependerán a su vez, del tipo de vehículo.

RECORDAR QUE HAY QUE LEER SIEMPRE EL CATALOGO CORRESPONDIENTE DEL EQUIPO A INSTALAR



La fijación al chasis portante, se realiza mediante sistemas de amarre perfectamente homologados, debiendo prestar especial atención en seguir las especificaciones indicadas por el fabricante para evitar accidentes. Las cadenas o cinchas textiles de amarre se consideran como máquinas, y en consecuencia deben disponer del correspondiente certificado CE.

Hay que recordar, que actualmente existen unas normas armonizadas donde se indican las condiciones de amarre de cargas en camiones así como la consideración como máquina de estos sistemas de amarre:

- (UNE EN 12195-1:2011) Y (UNE-EN 12195-1:2011/AC:2014): Dispositivos para la sujeción de la carga en vehículos de carretera. Seguridad.
- (UNE-EN 12195-2:2001) Y (UNE-EN 12195-3:2002): Dispositivos para la sujeción de la



carga en vehículos de carretera. Seguridad. Parte 2: cintas de amarre fabricadas a partir de fibras químicas. Y Dispositivos para la sujeción de carga en vehículos de carretera. Seguridad.

Parte 3: cadenas de sujeción.

Como característica común para todo tipo de esparcidores es importante que dispongan de patas auxiliares para su estacionamiento cuando no sea necesaria su utilización, favoreciendo de este modo la limpieza y mantenimiento de las máquinas.

El sistema de accionamiento de este tipo de máquinas contempla varias posibilidades:

- Mediante el aporte hidráulico de bomba instalada en el chasis portante.
- Por accionamiento de bomba hidráulica desde rueda trasera del chasis portante.



- Por accionamiento de bomba mediante motor auxiliar.
- Por accionamiento de bomba en rueda auxiliar trasera al suelo.

Cada uno de los sistemas aporta ventajas e inconvenientes, siendo el primero de ellos el que suele ofrecer mayor rendimiento.

En las imágenes se puede ver el detalle de sistema hidráulico aportado por chasis portante y el detalle de distintos sistemas hidráulicos.

Hay que recordar, que actualmente existe una norma armonizada donde se indican las características que deben tener las instalaciones hidráulicas de los chasis portantes de este tipo de equipos.

- (EN 15431 : 2008): Equipos de vialidad invernal y mantenimiento de áreas de servicio en carreteras. Sistemas de transmisión y mandos relacionados. Intercambiabilidad y requisitos de funcionamiento. (Ratificada por AENOR en abril de 2008.)

Sea cual fuere el sistema utilizado, todas las funciones de control de extendido deben poder realizarse desde la cabina del vehículo.

Actualmente la tecnología permite realizar este control a través de un pequeño ordenador, el cual recibe la información de los distintos sensores instalados en las máquinas, y mediante una consola instalada en la cabina, y perfectamente manejable por el conductor del camión, permite la regulación de los distintos parámetros de extendido tales como dosificación, ancho, asimetría del extendido, relación líquido/sólido.

Este avance tecnológico en combinación con el sistema de localización instalado en el vehículo puede llegar a permitir una gestión automática a través de una ruta programada.

Cabe mencionar en este sentido la existencia de una Norma Armonizada donde se indican los protocolos de adquisición y transmisión de datos.

- (EN 15430-1:2007+A1:2011): equipos de vialidad invernal y mantenimiento de áreas de servicio en carreteras. Sistemas de transmisión y mandos relacionados. Intercambiabilidad y requisitos de funcionamiento. (Ratificada por AENOR en abril de 2008.)

Por último, un aspecto que no debemos olvidar es la calibración periódica de los esparcidores por parte de una empresa externa que certifique su aptitud a través de un protocolo establecido.



Detalle de distintos sistemas hidráulicos

### 5.4.1.- ESPARCIDORES DE FUNDENTE SÓLIDO

Nos referimos en este caso al tipo de esparcidor más generalizado para actuaciones de vialidad invernal.

Estos equipos básicamente disponen de una tolva donde se deposita la sal. En la parte inferior de dicha tolva -en contacto directo con la sal- disponen de un sistema de transporte del fundente hasta la parte trasera de la misma, donde es depositada en una canaleta, la cual canaliza esta sal ya medida en un disco de esparcido, el cual, por fuerza centrífuga lo esparce en la calzada de forma homogénea.

Existen tres sistemas elementales para el transporte de la sal desde la tolva a la canaleta, mediante cinta de caucho, tornillo sin fin y sistema de cadena.

Cualquiera de estos sistemas está accionado por un motor hidráulico y el control de este sistema hidráulico, es el que proporciona la precisión de la dosificación en calzada, la cual se cuantifica en  $\text{gr}/\text{m}^2$ .

El disco de esparcido que incorporan, igualmente es accionado por motor hidráulico, por tanto el control de las RPM de giro del disco, determina a su vez el ancho total de apertura de material fundente.

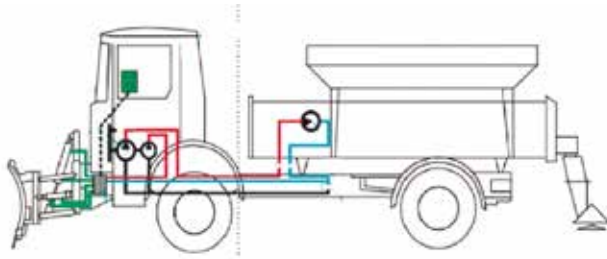
El posicionamiento del disco, normalmente mediante dispositivo de accionamiento lineal, proporciona el control de la simetría del material esparcido en relación al eje longitudinal del vehículo.

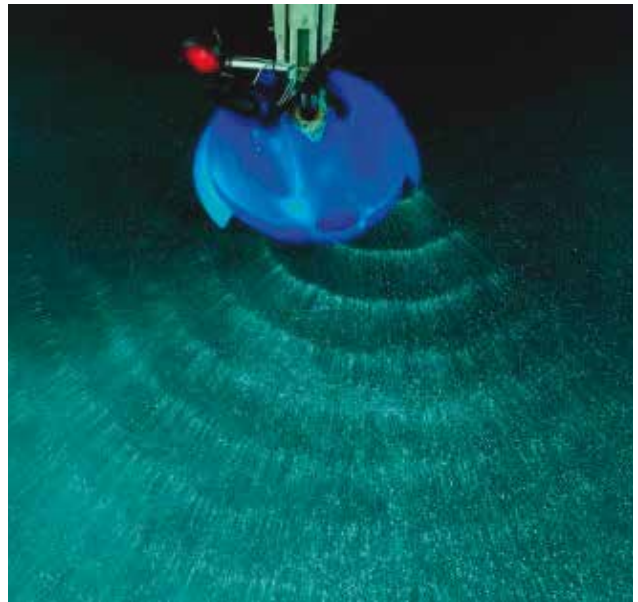
Las capacidades de los esparcidores que se emplean actualmente dependen principalmente del chasis portante, siendo habitual encontrar equipos desde  $0,6 - 1,5 \text{ m}^3$  para vehículos ligeros, y entre  $4 - 10 \text{ m}^3$  para chasis de gama pesada.

Partiendo del concepto ya comentado en apartados anteriores de que la sal requiere de una aportación líquida para poder actuar, en la actualidad están reconocidas las ventajas de la utilización de la sal pre-humectada, pues se aglutinan las ventajas que aportan la salmuera y sal sólida por separado, la rapidez de acción de la salmuera y el mantenimiento de concentración de ClNa en agua por el aporte gradual al disolverse la sal, y además se consigue que los granos de sal permanezcan más tiempo en calzada, al no ser arrastrados por el aire y la acción del tráfico.

Esto ha supuesto que una gran cantidad de los esparcidores de sal que actualmente se emplean en vialidad invernal, lleven incorporado un sistema de humidificación.

En lo que respecta a la configuración de este tipo de máquinas, además de lo anteriormente expuesto





Detalles de los diferentes sistemas de transporte de la sal a la canaleta

Esparcido homogéneo de fundente por centrifugación



Eparcadores de fundente líquido/salmuera



Tipo furgón con caja



Tipo pick up

para explicar los sistemas de esparcido de sal, disponen de unos depósitos auxiliares para la salmuera, la cual, mediante diferentes sistemas de bombeo, es mezclada con la sal sólida y expulsada al exterior sobre la calzada.

Entre las ventajas medioambientales que supone este tipo de esparcidores frente a los que únicamente extienden sal, podemos indicar el menor consumo de fundente, menos turbulencias y en consecuencia menos rebote de la sal fuera de la carretera limitando el riesgo de afección en el entorno de la carreteras.

Detalle del efecto por turbulencia en los esparcidos de sal sólida sal pre-humectada. Como se puede apreciar, al esparcir la sal pre-humectada, el reparto es más homogéneo y eficaz.

Tampoco podemos obviar el factor económico, teniendo en cuenta que el empleo de sal humidificada puede suponer un importante ahorro –entorno a un 10%- en volumen de sal consumida considerando unas condiciones normales de trabajo.

#### 5.4.2.- ESPARCIDORES DE FUNDENTE LÍQUIDO / SALMUERA

Estos equipos disponen de un depósito o cisterna y de un sistema de bombas para presurizar el circuito correspondiente hasta la salida por las toberas, destinadas a “homogeneizar” el reparto de salmuera en suelo.

Dado que las superficies a tratar con salmuera pueden ser diversas -calzada, viales de acceso, zonas de servicio etc.- en la actualidad se dispone de una amplia gama de equipos con distintas capacidades.

El caso más habitual se presenta en cisternas de salmuera incorporadas en chasis tipo pesado desde 2 a 4 ejes, y con capacidades que oscilan entre 7.500 y 20.000 litros.

Para actuaciones más localizadas se dispone igualmente de depósitos de salmuera, en este caso flexibles del tipo vejiga, de forma que puedan adaptarse más fácilmente a la caja del vehículo. Las capacidades en este caso oscilan entre 1.200 y 1.700 Litros.

Entre los implementos adicionales que suelen incorporar estos equipos, podemos destacar los sistemas de carrete manual o retráctil con manguera y lanza, que permiten realizar un baldeo manual de salmuera con el vehículo estacionado, más apropiado para zonas auxiliares o de servicio.

### 5.4.3- ESPARCIDORES DE FUNDENTE MIXTOS

Este tipo de extendedores, también llamados "combi", combinan como su propio nombre indica, los dos conceptos ya citados anteriormente en los esparcidores de sal sólida y de fundente líquido.

En este caso los equipos están dotados de unos difusores además del propio plato giratorio de esparcido y pueden llevar a cabo la extensión, por separado o simultáneamente, del material fundente en los tres estados citados anteriormente: seco granulado, humidificado ó en solución líquida.

### 5.5. – MAQUINAS DINÁMICAS

Con carácter general, las máquinas dinámicas se emplean en aquellos casos donde tenemos grandes espesores de nieve acumulada en la calzada.

En la práctica, la definición popular "fresa quitanieves", engloba varios sistemas que, mediante el giro aplicado a un útil rotativo, expulsan la nieve a gran distancia, con posibilidad de orientar el chorro de nieve producido a la zona que decide el operario, incluso pueden cargar un equipo auxiliar de transporte, como por ejemplo un volquete.

Básicamente existen tres tipos de útil de expulsión de la nieve, una hélice que por la acción del giro lanza la nieve por un conducto orientable en salida, un tambor giratorio con la misma finalidad y el uso combinado de ambos útiles, es decir, turbinas, fresas y turbofresas.

En lo que respecta al método de accionamiento de estas "fresas quitanieves", podemos mencionar dos opciones:

- Utilizando la energía aportada por un chasis portante, ya sea un tractor o un camión.
- Este tipo se usa generalmente en condiciones de nieve donde no pueden actuar los equipos de empuje definidos en el capítulo anterior, o como complemento de los mismos, para limpieza de laterales con mucha nieve acumulada.
- Máquinas "fresadoras de nieve" autopropulsadas.

Se emplean directamente en zonas de alta montaña con condiciones extremas de acumulación de nieve. Estos equipos son de gran capacidad de evacuación de nieve (entre 2.500 Tm/hora y 5.000 Tm./hora).

#### 5.5.1.- TURBINAS

Las turbinas trabajan penetrando en la nieve mediante presión lo cual exige mayor potencia por parte del vehículo tractor, siendo adecuadas principalmente para tipo de nieve blanda.



Esparcidores de fundente mixtos



Máquinas dinámicas



Turbinas



Fresas



Turbofresas

Este aspecto se puede paliar utilizando hélices rompedoras que además de facilitar la penetración en la nieve, amplían las posibilidades del tipo de nieve a tratar.

La finalidad de uso de este tipo de máquinas estriba en lanzar la nieve fuera de la plataforma de la carretera a través de una canaleta situada en la parte superior de la turbina, pudiendo alejar la misma a distancias comprendidas entre 15-50 metros, si bien debe regularse para adaptarla a la distancia adecuada.

Pueden ser de simple o doble turbina.

Las turbinas simples, de montaje lateral son muy adecuadas para la eliminación de los cordones laterales que dejan las máquinas de empuje en los arcones o bordes de la carretera.

### 5.5.2.- FRESAS

Las fresas atacan la nieve frontalmente mediante unos tambores con cuchillas en espiral, desplazándola transversalmente debido a la disposición de las toberas, lo que provoca unas pérdidas de rendimiento notables.

Lanzan la nieve a distancias inferiores a las turbinas, variable entre 5 y 25 m en función del régimen de revoluciones del tambor, el cual es muy sensible a la resistencia encontrada. Esta resistencia aumenta con la mayor dureza de la nieve así como con la propia velocidad de la máquina.

Por su forma de atacar el frente de nieve, es el tipo de máquina más adecuada para un tipo de nieve dura o con varias capas –no debe emplearse para nieve polvo o recién caída-, aunque su menor distancia de lanzamiento puede limitar su uso en determinadas circunstancias de trabajo.

TIPO DE MÁQUINA			PESO (KG)	VEH. TRACTOR (KM/H)	TIPO NIEVE	ESPELOR (CM)	VEL. TRABAJO (KM/H)	ÁMBITO ACTUACIÓN
HOJA	PLANAS/ SEMICURVA	LIGERA	150 - 180	> 90	Blanda / Semihúmeda	< 10	40-50	Localizado
	CURVAS	LIGERA	<500	90-150	Blanda / Semihúmeda	10-20	50-60	Ctra. convencional
		MEDIA (*)	500 - 800	200-300	Blanda / Semihúmeda	20-30	60-70	Ctra. convencional/ autovía
		PESADA (*)	800 - 1050	300-380	Blanda / Semihúmeda	30-35	60-75	Vías de gran capacidad (autovía/ autopista)
HOJA CON DOBLE CUCHILLA RASCADORA		PESADA (*)	800 - 1000	350-400	Blanda / Semihúmeda	30-40	60-70	Ctra. convencional/ autovía/ autopista
DOBLE HOJA		PESADA (*)	900 - 1100	400-430	Blanda / Semihúmeda	15-25	40-50	Vías de gran capacidad (autovía/ autopista)
CUÑA		PESADA	100 - 1200	>350	Húmeda (pesada)	50-80	20-35	Ctra. convencional alta montaña
	TURBINA	SEMIPELADA	<500	150-200	Blanda / Semihúmeda	<50	1-5	Ctra. convencional
FRESA		SEMIPELADA	5000-7000	180-300	Húmeda (pesada)	100-120	1-5	Ctra. convencional alta montaña
	TURBO FRESA DINÁMICA	PESADA	8000-11000	375-500	Blanda / Semihúmeda	100-150	3-8	Ctra. convencional alta montaña

### 5.5.3.- TURBOFRESAS

Las turbofresas son una combinación de los dos tipos descritos anteriormente, siendo su diseño más racional para trabajar con cualquier tipo de nieve, ya que aprovecha las ventajas de la fresa para atacar el frente de nieve y de la turbina para el lanzamiento de la misma.

La nieve es transportada por tambores abiertos hacia la turbina y expulsados a través de la chimenea. En función del diámetro del tambor y de la rueda de la turbina podremos conseguir mayor o menor capacidad y amplitud de eliminación de nieve.

Este tipo de máquina presenta dos inconvenientes principalmente, uno sería el factor económico, bastante penalizado frente a las otras máquinas, y por otro lado el propio diseño que reduce en cierto modo la visión del operario y recarga el peso en el eje delantero, aunque este último aspecto ya se tiene en cuenta en la configuración de las nuevas máquinas.

Como resumen general, se adjunta una tabla con los distintos tipos de maquinaria de empuje mencionados con anterioridad, así como los aspectos principales que determinan su idoneidad en función del medio y las condiciones de trabajo que podamos encontrar.

### 5.6. – MÁQUINAS AUXILIARES

Cómo máquinas auxiliares para vialidad invernal, podemos citar aquellas que no estando específicamente diseñadas para la retirada de nieve o el extendido de fundente, pueden llevar a cabo este tipo de tareas o son complementarias con el tipo de máquinas citadas anteriormente.

- Motoniveladoras. Este tipo de máquinas, principalmente configuradas para la obra pública, pueden emplearse por sus características para la retirada de nieve como maquinaria de empuje.
- Palas cargadoras. Pueden cubrir distintos aspectos dentro de la vialidad invernal.



Máquinas auxiliares



- Por un lado como máquina para la carga de fundente en los esparcidores acoplados sobre los camiones quitanieves, y por otro lado para la retirada de nieve en determinados lugares de difícil acceso para los camiones quitanieves, o simplemente como apoyo a los mismos en zonas localizadas.
- Minicargadoras. Al igual que las anteriores, pero con ciertas limitaciones por las características de la máquina motriz, pueden realizar tareas de retirada de nieve en zonas de servicio muy localizadas. Su reducido tamaño induce en determinadas circunstancias al uso de este tipo de máquinas, como por ejemplo zonas de aparcamiento, acceso a edificios, aceras, etc.
- Cargadores autónomos de fundente sólido. Consiste en unas cintas transportadoras que recogen el fundente directamente del acopio depositado en el terreno, y lo depositan en el interior del esparcidor de fundentes del camión.
- Plantas de fabricación de salmuera. Este tipo de máquinas, mencionadas anteriormente en otros capítulos del documento permiten fabricar salmuera a partir de material fundente a granel. Se componen de una tolva donde se deposita el fundente y mediante el aporte de agua se consigue una mezcla de salmuera con una determinada concentración.
- Actualmente se dispone de distintos tipos de plantas de salmuera con diferentes capacidades de producción.
- Cepillos barredores. Este tipo de implemento puede emplearse para la eliminación de pequeños espesores de nieve blanda o también como complemento de otro tipo de máquinas específicas de empuje, mejorando de este modo el acabado de limpieza sobre cualquier superficie.

## 5.7.- MANTENIMIENTO

La maquinaria de vialidad invernal en general se encuentra sometida a condiciones de trabajo muy severas, por un lado debido al propio factor climatológico (temperaturas bajas, hielo, humedad, etc.), y por otro el ambiente agresivo que generan los materiales fundentes empleados (corrosión).

Si a lo indicado anteriormente, unimos la temporalidad en la que desempeñan los trabajos este tipo de maquinaria, con paradas prolongadas fuera del periodo de actuación, todo ello nos lleva

a pensar en la necesidad de configurar un riguroso plan de mantenimiento que permita disponer en todo momento de esta maquinaria en perfecto estado de uso.

Este plan de mantenimiento comprendería tres fases de actuación:

- Antes del periodo invernal: esta fase incluiría una revisión general de la maquinaria y elementos de desgaste, haciendo acopio de estos últimos en cantidad suficiente para afrontar la campaña en virtud de los datos precedentes, así como de aquellos componentes que por la experiencia son más susceptibles de ser sustituidos, incluyendo en este caso los del vehículo tractor (lámparas, limpiaparabrisas, fusibles, etc.). En esta misma etapa deberíamos incluir así mismo el calibrado de los esparcidores, ya citado anteriormente.
- Durante el periodo invernal: mantenimiento periódico de la maquinaria, con una limpieza y lavado a fondo de vehículos y máquinas al finalizar cualquier episodio de actuación, principalmente en el empleo de fundente. Del mismo modo se procederá al mantenimiento correctivo de aquellas incidencias que se puedan generar en la maquinaria.
- Al finalizar el periodo invernal: limpieza exhaustiva de vehículos y maquinaria eliminando cualquier resto de fundente. Se llevará a cabo una revisión general, incluidas las actuaciones en los chasis portantes si fuese necesario y un mantenimiento preventivo de cara a mantener la maquinaria en perfecto estado, con intervenciones periódicas para mantener el estado de las baterías.







# SISTEMAS DE COMUNICACIONES INTEGRADOS PARA LA GESTION DE LA VIALIDAD INVERNAL

6.1.- Introducción.....	68	6.2.3 Necesidades de los operarios de vehículos de esparcido de fundentes.....	68
6.2.- Tipos de comunicaciones.....	68	6.3.- Requisitos de comunicaciones.....	69
6.2.1.- Necesidades de los usuarios de los servicios centrales de supervisión.....	68	6.3.1. – Requerimientos de comunicaciones de las unidades móviles.....	69
6.2.2.- Necesidades de los jefes de operaciones.....	68		



## 6.1.- INTRODUCCION

La gestión de la vialidad invernal, y en términos generales el servicio y mantenimiento de carreteras, requiere la coordinación de las personas y de los medios empleados para la adecuada atención al usuario.

Las unidades operativas que se disponen para gestionar la vialidad invernal de vehículos, personas y de distintos equipos y fuentes de información, tales como estaciones meteorológicas fijas y móviles, cámaras (también en su modalidad de fijas y móviles) y los equipos embarcados en los vehículos quitanieves destinados al mantenimiento de la vialidad invernal en las carreteras, que cuentan entre su equipamiento con un sistema de posicionamiento "GPS", destinado a mejorar la gestión de los equipos de servicio.

Este sistema "GPS" permite determinar en tiempo real la ubicación y el tipo de tratamiento preventivo o curativo (si está extendiendo fundentes o también retirando nieve), que en cada momento está realizando cada uno de los equipos quitanieves y en consecuencia adoptar las medidas que en todo momento resulten necesarias en base a la evolución de la situación. El sistema ofrece también, la posibilidad de realizar informes de actividad de cada equipo en un momento o periodo determinado y, así mismo, de los trabajos de vialidad invernal que en cada tramo de las carreteras del sector se hayan llevado a cabo en un periodo determinado.

La adecuada coordinación de estos medios requiere de sistemas de comunicación que hagan fluir la información desde la fuente hasta los órganos de decisión.

Por tanto será necesario dotar a todos los vehículos que puedan intervenir en operaciones de vialidad invernal con un dispositivo de comunicaciones de voz.

Igualmente los vehículos encargados de esparcir fundentes irán dotados además de un sistema de posicionamiento global que pueda medir los fundentes esparcidos de modo que se pueda analizar su eficiencia.

Las comunicaciones necesarias para llevar a cabo este cometido serán del tipo de grupo cerrado pero pudiendo exportarse informaciones para coordinación de mayores áreas de servicio.

Importancia de la compatibilidad de los sistemas, etc.

## 6.2.- TIPOS DE COMUNICACIONES

A continuación, se detalla la tipología de elementos, fijos y móviles, que deberán interactuar con el servicio de gestión vehículos de vialidad invernal:

Las comunicaciones de voz entre las distintas personas del organigrama de explotación será complementada con las comunicaciones de datos de los distintos equipos y sistemas que alimentan las aplicaciones de gestión y toma de decisiones.

El servicio de geolocalización que permite a los usuarios ubicados en los distintos servicios visualizar, en tiempo real, la posición de los vehículos e incluso comunicarse con ellos por vía telemática, en las peores circunstancias meteorológicas y orográficas en las que pudieran encontrarse.

La arquitectura de comunicaciones diseñada para el servicio de datos debe permitir el acceso "asegurado" a la aplicación por parte de los usuarios que se encuentren en los diferentes estamentos de supervisión.

### 6.2.1.- NECESIDADES DE LOS USUARIOS DE LOS SERVICIOS DE SUPERVISIÓN

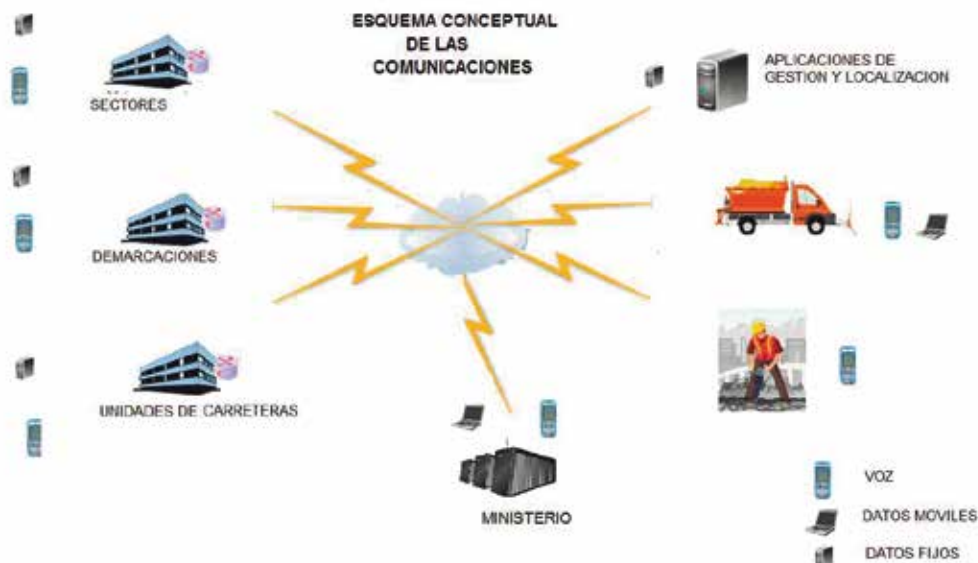
Los usuarios de los servicios de supervisión podrán utilizar las comunicaciones de voz para contactar con los jefes de operaciones de las distintas zonas así como utilizar la aplicación de geolocalización para la obtención de informes de actividad de los vehículos quitanieves y conocer el estado de las carretas a partir de las actuaciones realizadas por los vehículos. También podrán requerir conocer la posición exacta de un vehículo o un conjunto de vehículos, en un momento determinado (actual o histórico) y de forma visual en tiempo real.

### 6.2.2.- NECESIDADES DE LOS JEFES DE OPERACIONES

Los jefes de operaciones enviarán instrucciones a los vehículos mediante voz usando los dispositivos instalados en los mismos, además podrán utilizar la aplicación para el seguimiento en tiempo real de los vehículos asignados al sistema, así como la posterior explotación de la información para obtener informes de km recorridos, volumen de fundente extendido, labores realizadas en mantenimiento curativo, etc.

### 6.2.3.- NECESIDADES DE LOS OPERARIOS DE VEHÍCULOS DE ESPARCIDO DE FUNDENTES

Los operarios de vehículos quitanieves recibirán instrucciones de los responsables de operación mediante voz usando los dispositivos instalados en vehículos, además podrán alertar a los responsables



del servicio de cualquier incidencia o problema que detecten durante la realización de su tarea.

### 6.3.- REQUISITOS DE LAS COMUNICACIONES

Las comunicaciones de las diferentes sedes o ubicaciones terrestres fijas se prestarán atendiendo a los siguientes requerimientos:

- Los accesos de datos desde las instalaciones fijas se harán mediante conexiones a internet con los anchos de banda suficientes para acceder a los datos necesarios para la gestión, se deberá garantizar un caudal que permita acceder, sin restricciones, a las aplicaciones de gestión. En previsión de que este acceso sirva de puente para la transmisión de imagen y vídeo de los vehículos y/o túneles, se valorará que dicho caudal sea escalable hasta el Gbyte.
- Los vehículos quitanieves y estaciones meteorológicas, cámaras etc. enviarán los datos vía GPRS directamente a las aplicaciones de gestión sin pasar por ningún almacenamiento intermedio o previo.

Los accesos de datos así mismo deberán poder ser gestionados (en cuanto a incidencias, monitorización de tráfico, actividad, etc) y securizados de manera que se configuren como una red privada virtual entre los usuarios de los diferentes niveles que integran este servicio.

Con el fin de evitar problemas de colapso en las comunicaciones por causas ajenas al servicio, será condición indispensable que los enlaces de datos no se realicen a través de las redes GPRS/UMTS/EDGE/HSDPA/HSUPA.

#### 6.3.1.- REQUERIMIENTOS DE COMUNICACIONES DE LAS UNIDADES MÓVILES

Las características de comunicaciones específicas para el dispositivo embarcado en los vehículos deberán ser las siguientes:

- Las comunicaciones de voz se harán mediante la red de telefonía fija o móvil de los operadores existentes. Eventualmente en zonas de poca cobertura de habilitaran sistemas alternativos. Incluirán dispositivos "Manos libres".
- Las comunicaciones de datos: utilización de tecnologías Hardware y Software base estándar del mercado. Tendrá la capacidad de incorporar:
- Comunicaciones con los distintos equipos de esparcido de a bordo de los distintos fabricantes así como el protocolo EN 15430-1:2007+A1:2011, equipos de vialidad invernal y mantenimiento de áreas de servicio en carreteras. Adquisición y transmisión de datos. Parte 1: adquisición de datos en vehículos. (Ratificada por AENOR en marzo de 2011.)
- Sistemas de comunicaciones inalámbricos: "Bluetooth", "Wifi" y posibilidad de "Wimax".

Los equipos de localización instalados en los vehículos deberán registrar toda la información disponible continuamente (posición GPS, fecha y hora, calidad de la señal GPS, estado de cada uno de los sensores, etc.). El sistema, en su globalidad (terminales, plataforma y comunicaciones) tendrá la capacidad de transmitir toda esta información al centro de control de la aplicación cada minuto.





## INSTALACIONES Y MEDIOS AUXILIARES

<b>7.1.- Centro de conservación.....</b>	<b>72</b>	<b>7.3.- Elementos auxiliares.....</b>	<b>77</b>
7.1.1.- Comunicaciones y gestión de flotas; recepción de datos provenientes de los equipos quitanieves, de las estaciones meteorológicas y de los equipos automatizados de aspersión de fundentes.....	72	7.3.1.- Almacenamiento de fundente sólido.....	77
7.1.2.- Sistemas de emergencia.....	72	7.3.2.- Sistemas de prevención de formación de hielo.....	78
7.1.3.- Suministro de combustible en alertas por condiciones climatológicas adversas.....	72	7.3.2.1.- Estaciones meteorológicas fijas.....	78
7.1.4.- Instalaciones para el personal laboral....	72	7.3.2.2.- Estaciones meteorológicas móviles....	80
7.1.5.- Nave garaje/taller/almacenamiento bajo cubierta.....	73	7.3.2.3.- Sistemas automatizados de aspersión pulverización de fundente líquido en zonas singulares (viaductos, umbrías, acceso a túneles, etc.).....	80
7.1.6.- Instalaciones para almacenamiento de material fundente sólido a granel.....	73	7.3.3.-Sistemas fijos/móviles de vigilancia mediante circuito cerrado de cámaras (webcam).....	83
7.1.6.1.- Nave para almacenamiento de fundente sólido a granel.....	73	<b>7.4.- Infraestructura viaria.....</b>	<b>84</b>
7.1.6.2.- Silo elevado para Imacenamiento de fundentesólido.....	74	7.4.1.- Viseras antialudes.....	84
7.1.7.- Instalaciones para almacenamiento de material fundente sólido en <i>big-bag</i> .....	75	7.4.2.- Túneles.....	84
7.1.8.- Instalaciones para fabricación y almacenamiento de fundente líquido.....	75	7.4.3.- Estructuras anti-aludes.....	84
<b>7.2.- Centro de apoyo para el servicio de vialidad invernal.....</b>	<b>76</b>	7.4.4.- Aparcamientos de vialidad invernal.....	84
		7.4.5.- Áreas de colocación de cadenas.....	84
		7.4.6.- Barreras antiventisqueros.....	84
		<b>7.5.- Señalización y balizamiento.....</b>	<b>86</b>
		7.5.1.- Paneles informativos.....	86
		7.5.2.- Señalización estacional.....	86
		7.5.3.- Señalización fija meteorológica.....	86
		<b>7.6.- Servicios externos.....</b>	<b>86</b>
		7.6.1.- Provocación de aludes.....	86
		7.6.2.- Retirada de nieve por aludes.....	86



## 7.1.- CENTRO DE CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN

Se define como centro de conservación y explotación a la instalación en la que se ubican las dependencias administrativas y de gestión del sector. Éstas suelen consistir en: oficinas, vestuarios, aseos, comedores, aulas de formación, almacén de materiales y fundentes, garajes de vehículos y talleres.

El centro de conservación y explotación del sector, deberá tener una ubicación estratégica, en el sector, teniendo en cuenta el grado de servicio de los tramos adscritos al contrato. Gracias a esta ubicación estratégica, se podrá dar el mejor servicio a todas las carreteras del sector, ya que facilitará cumplir con los tiempos de respuesta exigidos por los grados de servicio de los diferentes tramos del sector.

### 7.1.1.- COMUNICACIONES Y GESTIÓN DE FLOTAS; RECEPCIÓN DE DATOS PROVENIENTES DE LOS EQUIPOS QUITANIEVES, DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS Y DE LOS EQUIPOS AUTOMATIZADOS DE ASPERSIÓN DE FUNDENTES

Se instalará una centralita en la dependencia destinada al servicio de comunicaciones, y que en función del nivel de servicio, puede llegar a disponer de tres líneas, dos de ellas destinadas a líneas de voz y una tercera a fax.

Desde la centralita se podrán derivar las llamadas a las diversas dependencias del personal técnico.

Cuando el contrato del sector lo exija, se dispondrá de un servicio de comunicación interno mediante emisoras de radio frecuencia. Gracias a ésta se podrá disponer de una comunicación interna entre todos los equipos de trabajo, mandos intermedios (capataces, encargados y jefescoex) y el centro de operaciones.

Por otro lado, y con el fin de disponer de la mayor información posible de los equipos, (vehículos ligeros, vehículos de vigilancia y camiones quitanieves), en tiempo real, éstos han de ir dotados de localizadores GPS con software, que faciliten una visión global de la ubicación y trabajos desempeñados en todo momento y con acceso remoto. Esta herramienta nos facilitara poder gestionar y optimizar lo más adecuadamente posible los equipos, además de dejar grabada toda esta información con la finalidad de poder obtener diversos informes y estadísticas a posteriori, con los que obtener datos sobre el uso de los equipos y consumo de sal o salmuera.

Con estas herramientas se podría disponer de una visión general y de conjunto, de todos los recursos

a servicio del sector, en tiempo real, conociendo la ubicación de los equipos y estado, mediante la identificación de si estos se encuentra en reposo, en movimiento, realizando trabajos preventivo, trabajos curativos, etc. Además, si de estos datos los cruzamos con los datos obtenidos por las estaciones meteorológicas y las cámaras de tráfico del sector, dispondremos de un importante apoyo para la toma de decisiones, lo que garantiza la máxima eficacia, así como una ventaja dinámica de las operaciones de mantenimiento.

### 7.1.2.- SISTEMAS DE EMERGENCIA

Con el fin de asegurar el funcionamiento de los equipos de comunicación, equipos informáticos, monitores de visualización de cámaras de tráfico, y sistemas de seguridad y funcionamiento de túnel, en el caso de que el tramo dispusiera de éstos, es necesario disponer de un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI), en caso de interrupciones en el suministro eléctrico, de impedir averías de los equipos por sobretensiones.

También conviene disponer de un equipo de generación autónoma de energía eléctrica, que esté preparado para conectarse a la red del centro de conservación de forma automática, y que pueda suplir el abastecimiento eléctrico en caso de corte de suministro.

### 7.1.3.- SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE EN ALERTAS POR CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS ADVERSAS

Cuando los tramos adscritos al contrato no cuenten con la cercanía de estaciones de servicios 24 horas cercanas, es aconsejable la instalación de un depósito de combustible en el centro de conservación y explotación, para suministro de los equipos quitanieves.

Dicha instalación deberá cumplir con todos los requisitos exigidos en las normativas de seguridad y salud y medioambientales especificados en la ley vigente. Además, deberá legalizarse conforme a la legislación de la comunidad autónoma y ayuntamiento donde se encuentre ubicado el centro de conservación y explotación.

### 7.1.4.- INSTALACIONES PARA EL PERSONAL LABORAL

El personal laboral contará con unas dependencias que se adapten a sus necesidades. Como referencia a seguir destacaremos las más significativas:

- Vestuarios
- Duchas y aseos
- Comedor

- Habitaciones o zona de descanso para el equipo de Retén de Alertas por condiciones climatológicas adversas.

#### **7.1.5.- NAVE GARAJE/TALLER/ALMACENAMIENTO BAJO CUBIERTA**

El Centro de Conservación y Explotación deberá contar con unas instalaciones para albergar a los vehículos de que dispone el sector de conservación. También ha de disponer de un taller donde poder realizar los mantenimientos rutinarios de los equipos, pequeñas reparaciones, limpieza de los vehículos y equipos de vialidad invernal. Para estas operaciones, además de pequeña y mediana maquinaria, se contará con foso y elevador.

También se ha de disponer de un almacén donde ubicar hasta su empleo, todos aquellos materiales que convienen acopiar bajo cubierta, y los pequeños materiales y herramientas.

La nave garaje deberá tener dimensiones adecuadas para albergar, sino todos, a gran parte de los vehículos y maquinaria adscrita al contrato. Todas estas instalaciones contarán con dimensiones y accesos adecuados.

A título orientativo, podemos decir que, a nivel estructural, los vanos entre pilares deberían contar con una distancia mínima de 5 metros, la altura libre de dicha nave debería de ser como mínimo de 6 metros para permitir la elevación del basculante de los camiones en el interior.

#### **7.1.6.- INSTALACIONES PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIAL FUNDENTE SÓLIDO A GRANEL**

El material fundente sólido a granel no debe almacenarse a la intemperie, por lo que requiere de un almacenamiento bajo cubierta.

- Para ello, contamos con dos tipos de almacenamiento bien diferenciados:
- Construcción de nave para almacenamiento de fundentes a granel.
- Instalación de Silo elevado para almacenamiento de fundentes.

El uso de un tipo u otro de almacenamiento dependerá principalmente del espacio con el que contemos en el Centro de Conservación y Explotación y de la capacidad de almacenamiento de fundente que necesitemos.



#### **7.1.6.1.- NAVE PARA ALMACENAMIENTO DE FUNDENTE SÓLIDO A GRANEL**

Se dispondrá de una o varias naves para almacenamiento de fundentes sólidos a granel preferiblemente en hormigón armado, a lo largo del sector.

Las dimensiones de dicha nave dependerán especialmente del número de acopios de fundentes con que se pretenda equipar los tramos de carreteras del contrato y la distribución estratégica de dichos acopios.

Antes de determinar las dimensiones de los acopios de fundentes a construir debemos hacer un estudio de las ubicaciones de los mismos teniendo en cuenta, el nº de equipos de que se disponen o puede llegar a disponerse, la facilidad de accesos y la orografía del terreno ya que, en función de la altitud del tramo, necesitará más o menos cantidad de material fundente y/o mayor o menor distancia entre acopios.

La nave se construirá en hormigón armado realizado "in situ" o con módulos prefabricados dejando zonas de ventilación.

Las naves cuya finalidad sea la de acopiar fundentes se construirán con hormigón resistente a los sulfatos, y se aplicarán los recubrimientos adecuados de las armaduras, con el fin de minimizar la acción de las sales sobre éstas. Los paramentos que van a estar en contacto directo con la sal, serán tratados con pintura provistas de resinas sintéticas, que sellen los paramentos.

La nave de acopio de fundente deberá contar con una altura mínima de 7 metros para que permita la



descarga directa del material fundente en su interior o en caso contrario podrá construirse almacenes con techos deslizantes, que faciliten la descarga de directa tras la retirada del techo.

En este caso, tendremos dos sistemas bien diferenciados para la carga del material fundente:

- Pala cargadora, con o sin ayuda de muelle de carga.
- Cinta transportadora del material fundente.

Cuando la carga del extendedor de fundentes se realice con una pala cargadora, se deberá utilizar una pala cargadora de dimensiones suficientes para descargar el material en la tolva del equipo extendedor. En el caso de utilizar palas cargadoras normales, se deberá disponer de muelle de carga con dimensiones y características adecuadas.



Todas las instalaciones y sus accesos, deberán construirse teniendo en cuenta los radios de giro y maniobras de los equipos quitanieves, camiones de suministro y palas cargadoras.

#### 7.1.6.2.- SILO ELEVADO PARA ALMACENAMIENTO DE FUNDENTE SÓLIDO

Este tipo de almacenamiento será utilizado en las instalaciones del centro de conservación y explotación cuando no se cuente con el espacio suficiente para construir una nave o cuando las necesidades de los tramos del contrato no requieran un gran almacenaje de fundentes.

Los silos elevados para almacenamiento de fundentes sólidos, están formados por una estructura metálica portante que suspende el silo del suelo, una parte cónica construida en acero inoxidable que cuenta con una trampilla, una parte cilíndrica construida en fibra de poliéster y una parte con forma esférica en la zona superior con un respiradero. En ocasiones se les añade un vibrador en la parte cónica del silo, con la finalidad de favorecer la descarga de sal.

Su capacidad de almacenaje más utilizado varía entre 60 y 100 toneladas. Este tipo de almacenamiento, por sus dimensiones, fácil instalación y coste reducido, es más utilizado como instalación auxiliar para zonas puntuales en los tramos de conservación adscritos al contrato.

Todos los años, al finalizar la campaña de vialidad invernal, la sal de los silos debe ser retirada y acopiada a granel en las naves de fundentes, ya que si se deja en el silo, esta se puede compactar e impedir su posterior descarga.



Una vez vaciados, deben someterse a una revisión de su estado estructural y realizar los correspondientes tratamientos contra la oxidación y repintado, periódicamente, cuando esto sea necesario.

### 7.1.7.- INSTALACIONES PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIAL FUNDENTE SÓLIDO EN *BIG-BAG* Y/O SACOS

El material fundente sólido en *big-bag* debe almacenarse, en la medida de lo posible, bajo cubierta, cuyas dimensiones dependerá de las necesidades de acopio de sal en este tipo de suministro.

La utilización de este tipo de envases podrá realizar de diversas formas. La más adecuada sería mediante la instalación de un puente grúa en la zona de acopios. Otra opción aunque menos práctica, sería la utilización de un camión con grúa.

El cloruro cálcico se acopiará en sacos impermeabilizados o de plástico.

### 7.1.8.- INSTALACIONES PARA FABRICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE FUNDENTE LÍQUIDO

En ocasiones nos encontramos con la necesidad de utilizar fundente líquido bien para la humidificación del fundente sólido mejorando la adherencia del mismo a la calzada cuando la calzada está seca, bien para la realización de tratamientos preventivos con la calzada seca o bien por la necesidad de utilizar otro tipo de fundentes como la urea para evitar la oxidación de elementos estructurales (viaductos de estructura metálica).

En estos casos, existe la posibilidad de instalar únicamente elementos de almacenaje y comprar el producto fabricado o fabricar "in situ" el fundente en estado líquido y almacenarlo.

Para el almacenamiento de fundente en estado líquido, utilizaremos depósitos de poliéster o de acero vitrificado. Estos depósitos podrán instalarse horizontal o verticalmente. Las capacidades variarán en función de las necesidades del contrato.

Cada depósito contará con sistema de recirculación de salmuera, un indicador de las cantidades de solución presentes, y la posibilidad de lavado y vaciado del depósito.

Para la fabricación del fundente en estado líquido, se utilizarán plantas para fabricación cuyas medidas y capacidades de producción variarán en función de las necesidades del contrato. Actualmente, existen





plantas con capacidades de producción de hasta 25.000 l/h, con una concentración del 23% a 15°C de temperatura.

La solución será bombeada al depósito de almacenamiento mediante un equipo de bombeo formado por una bomba centrífuga con un rendimiento de al menos 60.000 l/h, con capacidad de elevación de 30 metros.

Cada año se realizará una revisión del estado estructural de la planta y el depósito y una limpieza y los tratamientos contra la oxidación que sean necesarios. Tampoco se ha de olvidar que si la planta dispone de ánodo de sacrificio para combatir la oxidación, estos han de estar controlados para realizar su sustitución cuando sea necesario.



## 7.2.- CENTRO DE APOYO PARA EL SERVICIO DE VIALIDAD INVERNAL

En ocasiones nos encontramos con la necesidad de construir un centro de apoyo para el servicio de atención a la vialidad invernal.

Los motivos más habituales que generan la necesidad de construir un centro de apoyo para el servicio de atención a la vialidad invernal son los siguientes:

El centro de conservación y mantenimiento no se ha ubicado estratégicamente para proporcionar el mismo servicio en cualquiera de los tramos adscritos al contrato, es decir, en algunos casos los tiempos de respuesta a los puntos más alejados de los tramos adscritos al contrato del centro de conservación exceden notablemente del tiempo de respuesta máximo exigido por la dirección del contrato.

- Aunque el centro de conservación y mantenimiento se ha ubicado estratégicamente, las distancias y tiempos de respuesta no son suficientemente efectivos para este tipo de operaciones (servicio de vialidad invernal).
- Existencia de una zona con tramos adscritos al contrato cuya orografía difiere notablemente del resto de tramos del contrato a conservar. Siendo más habitual en estos tramos la necesidad de acciones contra hielo y nieve.
- El centro de apoyo para el servicio de atención a la vialidad invernal contará con instalaciones similares al centro de conservación y explotación pero a menor escala. Como instalaciones más significativas y que no deberían faltar en un



centro de apoyo para el servicio de atención a la vialidad invernal destacaremos las siguientes:

- Dependencias para el servicio de comunicaciones.
- Nave garaje/taller/almacenamiento bajo cubierta.
- Instalaciones para almacenamiento de material fundente sólido a granel y/o Big-bag.
- Instalaciones para fabricación y almacenamiento de material fundente líquido. (Cuando la climatología de los tramos a conservar requiera la utilización de fundente líquido).

### 7.3.- ELEMENTOS AUXILIARES

Consideramos como elementos auxiliares, aquellas instalaciones que necesitaremos para dar un mejor servicio en la lucha contra la formación de hielo y la retirada de nieve de los tramos adscritos al contrato.

Podemos clasificarlas en los siguientes grupos:

- Acopios auxiliares para almacenamiento de fundentes.
- Sistemas de prevención de formación de hielo en calzada.
- Sistemas de vigilancia.

#### 7.3.1.- ALMACENAMIENTO DE FUNDENTE SÓLIDO

En ocasiones nos encontramos con la necesidad de instalar acopios auxiliares de fundentes en diversos puntos de los tramos adscritos al contrato para evitar grandes desplazamientos en vacío de los equipos quitanieves hasta el centro de conservación y explotación o hasta el centro de apoyo para proceder a la carga del material fundente.

La ubicación y dimensionamiento de estos acopios auxiliares de fundentes deberá ser estratégica con el fin de eliminar o reducir los desplazamientos en vacío de los equipos quitanieves que generan una pérdida de tiempo innecesaria y perjudicial en muchos casos.

Para ubicar y dimensionar adecuadamente estos acopios auxiliares de fundentes es imprescindible tener en cuenta los recorridos de los equipos quitanieves en los diversos casos de alerta reflejados en el protocolo para el servicio de vialidad invernal.





Sensor para medir la Temperatura del aire y la Humedad relativa

Teniendo en cuenta los recorridos de los equipos quitanieves, las dimensiones de extendido (sección de calzada y longitud del recorrido) y las dotaciones de material fundente, determinaremos la ubicación de los acopios auxiliares, la capacidad de almacenamiento que necesitaremos en cada caso y elegir el tipo de acopio más adecuado en cada caso.

Las características y especificaciones técnicas de este tipo de instalaciones son las mismas que las establecidas en el apartado del centro de conservación y explotación.

### 7.3.2- SISTEMAS DE PREVENCIÓN DE FORMACIÓN DE HIELO

Podemos catalogar los sistemas de prevención para la formación de hielo en dos grupos:

- Sistemas de información de posible formación de hielo en calzada (Estaciones Meteorológicas).
- Sistemas para evitar la formación de hielo en calzada (sistemas fijos automatizados de aspersion de fundentes líquidos).

#### 7.3.2.1.- ESTACIONES METEOROLÓGICAS FIJAS

Los sistemas de información de la posibilidad de formación de hielo en calzada a utilizar pueden ser:

Las estaciones meteorológicas fijas nos aportarán la información necesaria para conocer el estado del tramo y la posibilidad de formación de hielo en calzada.

Los datos obtenidos serán de una zona puntual del tramo por lo que debemos elegir adecuadamente su ubicación.



Sensor para medir la velocidad y dirección del aire

Para ello, generalmente tendremos en cuenta especialmente la altimetría de los tramos adscritos al contrato eligiendo para su ubicación los puntos más elevados de los mismos.

Con respecto a las mediciones de parámetros, en el mercado actual contamos con diversas posibilidades. De esta forma podremos instalar los sensores que más se adapten a nuestras necesidades.

Los sensores pueden ser de diversa naturaleza.

- Sensores de pavimento.

Los sensores de pavimento se instalan encastrados en el pavimento de la calzada quedando a nivel con el pavimento. Están fabricados en materiales con excelente resistencia a los agentes químicos y a tracción mecánica originada por el paso sobre ellos del tráfico rodado. Como medidas y/o datos más significativos que aportan podemos destacar:

- Estado del pavimento [seco, mojado, húmedo, flujo de agua, deslizamiento (hielo, nieve, escarcha)]
- Temperatura de la superficie del pavimento.
- Espesor de la lámina de agua.
- Temperatura del punto de congelación.
- Factor de salinidad (en tanto por ciento) de sal en calzada.
- Temperatura de la base.

A este tipo de sensor se le puede aplicar varios software en función de los datos que necesitemos y la precisión requerida.

También existe la posibilidad de incorporar un sensor de pavimento activo que permite medir activamente el punto de congelación exacto de la solución (mezcla de fundente y agua) existente sobre el sensor e independientemente del tipo de fundente utilizado (muy importante para uso en aeropuerto) con una precisión de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  en el intervalo entre los  $-15^{\circ}\text{C}$  a  $0^{\circ}\text{C}$ , y de  $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$  en el intervalo entre los  $-30^{\circ}\text{C}$  a  $-16^{\circ}\text{C}$ .

- Sensores meteorológicos aéreos.

Existen diversos tipos de sensores orientados, en cada caso, a unas necesidades. Como medidas y/o datos más significativos que aportan podemos destacar:

- La temperatura del aire.
- La humedad relativa.
- La velocidad horizontal y dirección del aire.
- El tipo de precipitación (lluvia, nieve, aguanieve, niebla, bruma, llovizna, despejado).
- La cantidad de precipitación.
- La visibilidad.
- La radiación solar global.
- La presión barométrica del aire.
- El espesor de nieve acumulada.

Para aquellos casos en los que no se desea invadir el pavimento de calzada con sensores de pavimento, contamos con un sensor meteorológico aéreo que puede facilitarnos los datos de calzada necesarios para determinar su estado y prever el riesgo de hielo.

La estación meteorológica podrá alimentarse con energía eléctrica o, en su defecto, con la instalación de un grupo generador de energía o mediante energías alternativas como energía fotovoltaica (paneles solares).

La transmisión de los datos recopilados por los sensores podrá realizarse de diversas formas entre las que destacaremos como más utilizadas la fibra óptica, GPRS, XDSL, para lo que deberá contar con instrumentación necesaria en cada caso (modem, convertidor de datos, etc).



Sensor para medir el tipo, cantidad de precipitación y la visibilidad



Sensor para medir la radiación solar global



Sensor para medir la presión barométrica del aire



Sensor para medir la temperatura del aire y del pavimento, la lámina de agua, las condiciones de calzada (humedad, nieve, hielo, etc)



Estaciones meteorológicas móviles

Para la recepción y tratamiento de datos se necesita el software adecuado en cada caso. El software recogerá y procesará todos los datos de los sensores de la estación meteorológica. En el caso de que exista riesgo de hielo saltará una alarma, que avisará sobre esta posibilidad.

Los datos podrán ser transmitidos al centro de conservación y explotación, al centro de apoyo, a una plataforma de gestión de flotas, a una página web de meteorología para particularizar las previsiones climatológicas de los tramos adscritos al contrato, etc

Las alarmas generadas por la estación meteorológica y las acciones que ya se han tomado, como la activación de los sistemas de tecnología de aspersión automática fijos, quedan almacenados permitiendo el uso de los datos recogidos para generar informes y procesamiento de los datos. Para ello se cuenta con la posibilidad de exportar dichos datos en varios formatos.

### 7.3.2.2.- ESTACIONES METEOROLÓGICAS MÓVILES

Las estaciones meteorológicas móviles son otro instrumento más para combatir la formación de hielo. Este tipo de estaciones se instalan generalmente en los vehículos de vigilancia y control y en los equipos quitanieves, proporcionando datos del estado actual del pavimento.

Como medidas más significativas destacaremos:

- La temperatura del aire.
- La humedad relativa.
- Temperatura del pavimento.

- ♦ Punto de rocío.  
La Estación Meteorológica se conectará al sistema eléctrico del vehículo.

La transmisión de los datos recopilados por los sensores se realizará por GPS/GPRS proporcionadas por un terminal tipo PDA.

Como en el resto de tipos de estaciones meteorológicas, la recepción y tratamiento de datos se necesita un software adecuado con el que se procesará todos los datos de los sensores de la estación meteorológica.

Los datos podrán ser transmitidos al centro de conservación y explotación, al centro de apoyo, a una plataforma de gestión de flotas, a una página web de meteorología para particularizar las previsiones climatológicas de los tramos adscritos al contrato, etc.

### 7.3.2.3.- SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE ASPERSIÓN - PULVERIZACIÓN DE FUNDENTE LÍQUIDO EN ZONAS SINGULARES (VIADUCTOS, UMBRÍAS, ACCESO A TÚNELES, ETC.)

Los sistemas fijos automatizados de aspersión de fundentes líquidos son utilizados para combatir la formación de hielo en zonas puntuales de los tramos de carreteras con unas características singulares que las hacen propicias a la formación de hielo o escarcha.

Como casos más significativos de puntos de utilización destacaremos:

- ♦ Estructuras – viaductos.
- ♦ Zonas de umbría.
- ♦ Accesos a las bocas de túneles.

- Zonas próximas a ríos, lagos, embalses, etc. Los objetivos principales de la utilización de este tipo de sistemas son los siguientes:

Mejorar la seguridad: se puede considerar como un arma más para la lucha contra la formación de hielo colaborando a mejorar las condiciones de seguridad en las carreteras de nuestro país. Esto se logra al contar con una supervisión automatizada más exhaustiva de la zona. Evitando dejar esta responsabilidad a los equipos móviles.

- Utilización de la cantidad de fundente estrictamente necesaria: evitando la utilización excesiva de fundentes.
- Con estos sistemas se consiguen dos objetivos:
- Reducción del gasto en material fundente. Se utiliza el fundente adecuado y necesario.
- Reducción del impacto ambiental. Al utilizar la cantidad necesaria reducimos el exceso de vertido de material fundente a las cunetas, cauces, laderas etc.

Este tipo de instalaciones cuentan generalmente, con las siguientes partes bien diferenciadas:

- Estación meteorológica.

Podrá equiparse con más de un sensor de pavimento para determinar diversos programas de aspersión de fundentes.

La estación meteorológica, caso que exista riesgo de hielo, hará saltar una alarma enviando automáticamente una orden de activación al Sistema fijo automatizado de aspersión de fundente líquido para que se active realizando el tratamiento programado para el tipo de alarma. Se programarán diversos tipos de tratamientos diseñados, en cada caso, conforme a los requerimientos de la alarma que se haya activado.

Las alarmas generadas por la estación meteorológica y las acciones que ya se han tomado, como la activación de los sistemas de tecnología de aspersión automática fijos, quedan almacenados permitiendo el uso de los datos recogidos para generar informes y procesamiento de los datos.

- Unidad de control.

Es el centro de control del sistema. Es donde se reciben las órdenes de puesta en marcha automática del equipo de aspersión originada por una alerta de la estación meteorológica. Desde la unidad de control



también se puede activar la aspersión manualmente o con un ordenador conectado a la consola del equipo. Estas otras dos opciones de activación se llevan a cabo en labores de mantenimiento o por necesidad extrema. La unidad de control de supervisa y controla todo el sistema entre lo que destacamos:

- Controlador de las cajas de unidad de válvulas y depósito acumulador.
- Supervisión del circuito hidráulico (control de la bomba, presión y caudal).
- Supervisión del circuito eléctrico (corte o apertura de circuitos).
- Recarga automática del tanque.
- Liberación manual de los programas de aspersión, por medio de un PC o por alarmas GFS.
- Equipo de bombeo.
- Corresponde al punto 2 y 3 del diagrama adjunto.
- El equipo de bombeo cuenta con los siguientes elementos:
  - Tuberías de PVC, con sus correspondientes válvulas que comunican los tanques con la bomba y las cajas de unidad de válvulas y depósito acumulador.
  - Bomba centrífuga, fabricada en acero inoxidable, montada en vertical que asegura para cada tipo de fundente líquido, su extendido a la presión requerida en todo momento.



- Controlador métrico de presión, que regula en todo momento la presión del circuito.
- Medidor de caudal, que nos detectará cualquier fuga en el circuito consiguiendo una reparación inmediata.
- Depósitos.
- Corresponde al punto 1 del diagrama adjunto.

Se instarán uno o varios depósitos para el almacenamiento del fundente dimensionado en función del tipo y número de boquillas de aspersión y el caudal de fundente. Cada depósito contará con un sensor de aviso de nivel bajo y otro sensor de nivel máximo de llenado.

Siempre que sea posible se instalará un depósito más pequeño para las labores de mantenimiento en época estival. En caso de que no sea posible su instalación, se deberán realizar estas operaciones mediante el vaciado del fundente de un depósito y el posterior llenado con agua del mismo.

Algunos sistemas de aspersión cuentan con cajas de unidad de válvulas con depósito acumulador de líquido fundente. En este caso, cada aspersor cuenta con una caja de unidad de válvulas y un depósito acumulador. El depósito acumulador mantiene el fundente bajo presión preparado para la aspersión en cualquier momento. Este sistema permite la utilización de tubería de alimentación de sección más pequeña y poder alcanzar sistemas de más de 1000 metros de longitud.

Otras instalaciones requieren únicamente una electroválvula por cada 100 metros de instalación.

Este tipo de instalaciones utilizan pulverizadores del tipo *jet-sticks* casi indetectables para el usuario de la vía.

- Aspersores.
- Con respecto a los tipos de aspersores/pulverizadores/difusores a utilizar, podemos clasificarlos en dos grupos:
  - Invasores de calzada, instalados encastrados en el pavimento quedando a nivel de la superficie del pavimento. Están preparados para soportar el paso sobre ellos del tráfico rodado.
  - No invasores de calzada, instalados en pretilas, aceras, arcenes no practicables. Este tipo de instalación se usa más en aquellos casos donde no se quiere realizar operaciones invasivas en el pavimento como pueden ser el caso de estructuras y viaductos.

Actualmente, existe una variante que son los Jet-Sticks, este tipo de pulverizador aunque es un sistema invasor de calzada está siendo utilizado en estructuras, viaductos y pavimentos de hormigón, dada sus dimensiones reducidas. Su instalación es muy poco invasiva, casi inapreciable.

Para determinar el tipo de sistemas más adecuado y la ubicación de los elementos de medida y aspersión/pulverización/difusión, debemos realizar un estudio en el que es imprescindible tener en consideración los siguientes datos:

- Perfil de altimetría, pendiente y peralte de la zona a tratar.
- Con estos datos determinaremos los puntos más

adecuados para la instalación de los elementos de medida (sensores de pavimento, sensores aéreos, etc).

- Intensidad mínima de tráfico.

Este sistema se basa principalmente en la colaboración del tráfico rodado para el extendido del fundente líquido después de la pulverización a todas aquellas zonas existentes entre una zona pulverizada y la siguiente. Por este motivo, para planificar adecuadamente la ubicación de los aspersores / pulverizadores / difusores y asegurar un adecuado solapado ente ellos evitando, de esta forma, que quede alguna zona sin tratar, es imprescindible conocer la intensidad de tráfico mínimo en la zona a tratar.

**7.3.3.-SISTEMAS FIJOS/MÓVILES DE VIGILANCIA MEDIANTE CIRCUITO CERRADO DE CÁMARAS (WEBCAM)**

Todas las instalaciones anteriormente reseñadas, podrán estar apoyadas por un circuito cerrado de vigilancia mediante cámaras con visión nocturna. En autovías, este servicio suele depender directamente de la Dirección General de Tráfico. Hay sectores de carreteras que mediante acuerdos entre la DGT y DGC, facilitan el acceso a las imágenes de estas cámaras.

Por otro lado, cada vez son más las unidades de carreteras que disponen de cámaras, ubicadas en zonas estratégicas para disponer de imágenes en tiempo real. Esto se suele llevar a cabo cuando dentro del tramo existiese algún punto específico que destaque con condiciones climatológicas



adversas, puede instalarse un sistema de vigilancia con recepción de datos en el centro de conservación y explotación. La posibilidad de ver "en directo" las imágenes del estado de las carreteras, obras, accidentes, etc., aún en los lugares donde no llegan los medios de transmisión convencional, facilita enormemente la toma de decisiones sobre las acciones a tomar ante dichos eventos así como los medios de diagnóstico de posibles situaciones en las que no se pueda acceder en un plazo adecuado.

Enviarán imágenes previo requerimiento vía GSM o GPRS o bien mediante conexión a red de datos si existe esa cobertura.

Además, tanto los equipos de vigilancia como los equipos de vialidad invernal pueden ser dotados de una cámara de vigilancia (webcam) con calidad

**Opciones de instalación**  
 La unidad de control del sistema **MICRO-FAST**, puede instalarse fácilmente en cualquier calle y en cualquier construcción

	Carretera de dos carriles con doble sentido de circulación.	
	Pistas de despegue y aterrizaje de un aeropuerto con una elevada cantidad de tráfico.	
	Vías de doble calzada con dos carriles por calzada. Se representa una instalación de diseño ecológico y económico, los arcones no son pulverizados	
	Vías de doble calzada con tres carriles por calzadas.	
	Pistas de despegue y aterrizaje de un aeropuerto con poco tráfico.	



suficiente para la visión nocturna, que permita recibir imágenes en tiempo real.

Esta cámara contará con tecnología vídeo-GPS y podrá ser visualizada desde centro de conservación y explotación. Irá conectada al sistema de gestión, para poder consultar los datos en tiempo real desde cualquier lugar con un terminal con acceso a internet (p.ej. Ipad).

## 7.4.- INFRAESTRUCTURA VIARIA

### 7.4.1.- VISERAS ANTI-ALUDES

Las viseras anti-aludes son estructuras, generalmente de hormigón, ubicadas en tramos de carretera de alta montaña con registros de aludes regulares. La estructura evita que el alud bloquee la carretera y siga su curso montaña abajo. También existen otro tipo de estructuras, construidas montaña arriba que desvían las avalanchas de nieve de las carreteras.

### 7.4.2.- TÚNELES

Estructuras similares a las viseras anti aludes, de idéntica función pero de construcción parecida a un falso túnel.

### 7.4.3.- ESTRUCTURAS ANTI-ALUDES

Una forma de prevenir o limitar la prevención de aludes es la instalación de elementos como vallas, "rastrillos", redes de cables de acero y paravientos, que hacen que se acumule la nieve justo en el lugar que queramos, y no en otras zonas donde podría suponer un riesgo.



### 7.4.4.- APARCAMIENTOS DE VIALIDAD INVERNAL

La creación de aparcamientos de emergencia o de vialidad invernal permite a la entidad gestora del tramo donde se ubica el aparcamiento ubicar los vehículos, por lo general pesados, en caso de restricciones de tráfico mientras se solventa la situación y la circulación puede ser restablecida.

### 7.4.5.- ÁREAS DE COLOCACIÓN DE CADENAS

Zonas específicas, ubicadas en tramos clave de la carretera donde el usuario puede estacionar de forma segura para colocar las cadenas en caso de necesidad.

### 7.4.6.- BARRERAS ANTIVENTISQUEROS

El fuerte viento y la presencia de nieve no cohesionada forman ventiscas. Dada la orografía del terreno y la presencia de vientos dominantes se pueden identificar las zonas en las que este fenómeno se presenta con cierta frecuencia. La ventisca produce acumulaciones de nieve que se desplazan, pudiendo invadir la plataforma de la carretera. Para evitar este fenómeno se colocan barreras anti-ventisqueros. Éstas pueden ser:

- Estructurales: con pantallas de madera o plástico.
- Formadas por unos perfiles metálicos anclados al terreno, a través de una pequeña cimentación de hormigón, sobre los que se colocan pantallas parcialmente permeables al viento.
- Vegetales: con plantaciones lineales de árboles y arbustos.



Viseras anti-aludes



Túneles



Estructuras anti-aludes



Aparcamientos de vialidad invernal



Paneles informativos

## 7.5.- SEÑALIZACION Y BALIZAMIENTO

### 7.5.1.- PANELES INFORMATIVOS

- Paneles de mensajes variables: Los paneles de mensajes variables (PMV o VMS por sus siglas en inglés) pueden colocarse en multitud de lugares como carreteras, principales cruces de carreteras y arterias urbanas. Se suelen instalar a un lado o encima de la carretera y utilizan texto y gráficos monocromos o en color. La versatilidad de los paneles de mensajes variables les hace apropiados para proporcionar información sobre el tráfico para varias situaciones, incluyendo emergencias, obras y cierre de carreteras.
- Paneles de estado de carretera: Los paneles de estado de carretera son habituales al comienzo de los puertos de montaña con habitual presencia de nieve. Tradicionalmente han sido paneles en los que el estado de la carretera se manipula de forma manual. En los últimos años se van sustituyendo por paneles digitales.

### 7.5.2.- SEÑALIZACIÓN ESTACIONAL

Señalización vertical propia para eventos de vialidad invernal. Se instalan al inicio de la campaña de vialidad invernal y se retiran al final de la campaña. También existen señales fijas abatibles en función de si son necesarias.

### 7.5.3.- SEÑALIZACIÓN FIJA METEOROLÓGICA

Señalización vertical fija de advertencia de fenómenos meteorológicos adversos, por lo general señalizando posible presencia de hielo. En la mayoría de los casos suelen estar iluminadas y conectadas a sensores meteorológicos.

## 7.6.- SERVICIOS EXTERNOS

### 7.6.1.- PROVOCACIÓN DE ALUDES

En zonas de montaña suele ser frecuente la necesidad de desencadenar aludes de forma controlada para asegurar la carretera y evitar que dichos aludes alcancen la vía de forma natural.

El desencadenamiento de aludes de forma controlada se puede realizar de dos formas, mediante la instalación de cañones anti aludes en las laderas de la montaña o mediante el uso de un helicóptero que puede desencadenar aludes mediante distintas técnicas:

- Cañones (GAZEX): es un dispositivo que provoca aludes mediante explosiones originadas a partir de oxígeno y propano. Los gases se almacenan en depósitos habilitados en zonas seguras, a cierta distancia, y la mezcla se lleva a cabo en un conducto que desemboca justo donde empezaría el alud. Una vez realizada la mezcla se provoca su explosión. Según los expertos, sus principales ventajas consisten en que no precisa de la intervención directa de un artificiero y que puede utilizarse con condiciones meteorológicas adversas. Los costes de instalación son elevados y precisa de un mantenimiento regular y minucioso, pero este sistema permite un mayor control sobre los aludes. Como ejemplo, en Cerler existe una instalación de Gazex con 9 terminales, así como en un tramo de la carretera N-330 (Puerto de Somport)
- Helicóptero: la provocación de aludes mediante el uso de helicópteros suele ser un servicio externalizado. Los helicópteros pueden desencadenar aludes mediante el lanzamiento de cargas explosivas o mediante el uso de nuevas tecnologías de ultrasonidos.

### 7.6.2.- RETIRADA DE NIEVE POR ALUDES

Cuando un alud alcanza la calzada por lo general son necesarios medios mecánicos para su retirada. El uso de maquinaria de vialidad invernal suele no resultar de utilidad, bien por las dimensiones del alud o porque la nieve a retirar contiene piedras o árboles que han sido arrastrados por la avalancha. En estos casos se utiliza una pala cargadora y camiones dumper para retirar la nieve de la zona.



Cañones (Gazex)



## COORDINACIÓN, PLANES OPERATIVOS Y TÉCNICAS DE ACTUACIÓN

8.1.-Protocolo sobre coordinación de los órganos de la administración general del estado, ante nevadas y situaciones meteorológicas extremas que puedan afectar a la red de carreteras del estado.....	89
8.1.1.- Objetivos.....	89
8.1.2.- Sistemas de información meteorológica y alertas.....	89
8.1.3.- Previsiones a nivel central.....	90
8.1.3.1.- Comité estatal de coordinación.....	90
8.1.3.2.- Unidad de valoración de riesgos.....	90
8.1.4.- Previsiones a nivel territorial.....	91
8.1.4.1.- Organización.....	91
8.1.4.2.- Procedimientos operativos.....	91
8.1.4.2.1.- Previsiones generales.....	91
8.1.4.2.2.- Previsiones según fases de evolución de la situación .....	92
8.1.4.2.3.- Procedimientos específicos sobre restricciones al tráfico.....	93
8.1.5.- Previsiones especiales para los accesos a las grandes ciudades.....	94
8.2.-Protocolo provincial de coordinación de actuaciones ante situaciones de nevadas en la red de carreteras del Estado.....	96
8.2.1.- Objeto del protocolo.....	96
8.2.2.- Características geográficas, climatológicas y socioeconómicas de la provincia.....	96
8.2.3.- Puntos potencialmente conflictivos en la red de carreteras del Estado.....	96
8.2.4.- Sistemas de información y alerta.....	97
8.2.4.1.- Información meteorológica.....	97
8.2.4.2.- Alerta.....	97
8.2.4.3.- Información de retorno.....	97
8.2.5.- Fases y situaciones.....	98
8.2.5.1.- Fase de preemergencia (Situación 0).....	98
8.2.5.2.- Fase de emergencia.....	98
8.2.6.- Organización.....	98
8.2.6.1.- Dirección.....	98
8.2.6.2.- Comité asesor.....	98
8.2.6.3.- Gabinete de información.....	99
8.2.7.- Procedimiento operativo.....	99
8.2.7.1.- Fase de preemergencia (Situación 0).....	99
8.2.7.2.- Fase de emergencia.....	99
8.3.- Protocolos o planes de vialidad invernal de comunidades autónomas y otras administraciones públicas.....	100
8.3.1.-Objetivos.....	100
8.3.2.- Datos generales.....	100
8.3.3.- Definición del mapa de riesgos. Identificación de las zonas de riesgo.....	101
8.3.4.- Época de riesgo.....	101
8.3.5.- Tipo de niveles de alerta.....	101
8.3.6.- Operatividad.....	103
8.3.7.- Actuaciones.....	103
8.3.8.- Medios materiales y humanos para la vialidad invernal.....	104
8.4.- Planes operativos.....	104
8.5.- En conclusión.....	106
8.6.- Técnicas de actuación.....	107



La coordinación entre los responsables del mantenimiento de las vías y del tráfico resulta de especial trascendencia durante los episodios de fenómenos meteorológicos adversos en época de vialidad invernal, dado que, como es sabido, no pueden independizarse las actividades de limpieza de calzada, de la circulación de los vehículos. Sin embargo, la coordinación no es posible si previamente no ha sido prevenida.

El objeto de la coordinación es definir los procedimientos de ordenación y planificación a seguir para la movilización y establecimiento de manera eficaz de los recursos humanos y medios materiales en la ejecución de las actuaciones de atención a la vialidad invernal con el objetivo de mantener las condiciones de seguridad, comodidad y fluidez del tráfico en las carreteras, con el fin principal de evitar y minimizar la afección que estas situaciones produce en el desarrollo normal de la vida de las personas, así como la protección de sus bienes.

Los principales objetivos son la prevención de la formación de placas de hielo sobre las calzadas cuando se esperen heladas; la información a los usuarios de las carreteras de cualquier incidencia con la antelación suficiente; y la minimización de las perturbaciones al tránsito como consecuencia de las nevadas, así como asegurar la atención a las personas ocupantes de los vehículos cuando las circunstancias lo hagan necesario.

En definitiva, tanto para la prevención y el mantenimiento de las adecuadas condiciones de vialidad invernal de la red de carreteras y de la seguridad vial, como, en su caso, para la atención a los viajeros cuyo vehículos hayan podido quedar inmovilizados, se hace necesaria la existencia de una buena coordinación entre los órganos de la Administración General del Estado implicados en el tema, así como entre éstos y los órganos homólogos pertenecientes a las comunidades autónomas.

Esta coordinación es especialmente importante a nivel territorial, dado que es el ámbito en el que las medidas deben ser aplicadas. Por ello, tanto en la planificación de las actuaciones a realizar, como en la ejecución de las mismas, tienen un papel de la máxima relevancia las delegaciones y subdelegaciones del Gobierno, las delegaciones de las comunidades autónomas así como los servicios de conservación del Ministerio de Fomento y de las comunidades autónomas y los subsectores y sectores de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil.

Las actuaciones de conservación en vialidad invernal en las carreteras de la Red del Estado, se articulan en función de la Nota de Servicio de octubre de

2006, de la Subdirección General de Conservación y Explotación de la Dirección General de Carreteras, "sobre las actuaciones de los servicios de conservación en las campañas de vialidad invernal". Cuya base es la nota de servicio sobre actuaciones de los servicios de conservación en las campañas de vialidad invernal (noviembre de 2000).

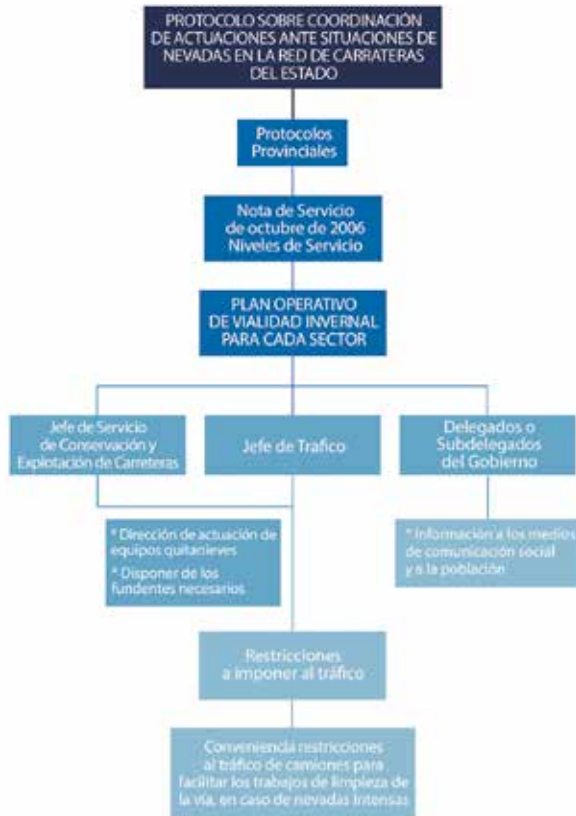
Las actuaciones en vialidad invernal quedan enmarcadas en:

- Los protocolos provinciales desarrollados a partir del "Protocolo sobre coordinación de los órganos de la Administración General del Estado, ante nevadas y situaciones meteorológicas extremas que puedan afectar a la Red de Carreteras del Estado", de marzo de 2009.
- Los planes operativos de vialidad invernal específicos de cada sector de la Red de Carreteras del Estado.

El protocolo actual modifica los anteriores protocolos:

- "Protocolo de Coordinación de Actuaciones ante Situaciones de Nevadas en la Red de Carreteras del Estado" suscrito en noviembre de 1998 por el subsecretario del Ministerio del Interior y los directores generales de carreteras, tráfico y protección civil.
- "Protocolo sobre coordinación de actuaciones de los órganos centrales de la Administración General del Estado, ante situaciones meteorológicas extremas que puedan afectar a la Red de Carreteras del Estado" suscrito en marzo de 2005 por el subsecretario del Ministerio del Interior y los directores generales de carreteras, tráfico, protección civil y emergencias y transportes por carretera.
- "Instrucción complementaria para la preparación de protocolos provinciales de coordinación" de octubre de 2005.

Según la Nota de Servicio de la Subdirección General de Conservación y Explotación de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento sobre la actuación de los servicios de conservación en las campañas de vialidad invernal, las operaciones de vialidad invernal deben enmarcarse en el ámbito de un protocolo de coordinación de actuaciones ante situaciones de nevadas a nivel provincial, en el cual se regulen las actuaciones en caso de nevada y la coordinación entre los diferentes organismos que intervienen en el proceso.



Tal y como se recoge en cada Protocolo Provincial de Coordinación de Actuaciones ante situaciones de nevadas en la RCE y en la Nota de Servicio sobre actuación de los servicios de conservación en las campañas de vialidad invernal, en cada uno de los sectores de conservación en que se ha dividido la RCE debe redactarse un plan operativo específico de vialidad invernal, que considerará todas y cada una de las situaciones que tienen una probabilidad razonable de presentarse y cómo disponer los medios para abordarlas, teniendo como objetivo deseable que el número de perturbaciones al tráfico sea, como máximo, el correspondiente a cada uno de los niveles de servicio asignados a cada carretera o tramo.

## 8.1.- PROTOCOLO SOBRE COORDINACIÓN DE LOS ÓRGANOS DE LA ADMINISTRACIÓN GENERAL DEL ESTADO, ANTE NEVADAS Y SITUACIONES METEOROLÓGICAS EXTREMAS QUE PUELAN AFECTAR A LA RED DE CARRITERAS DEL ESTADO

### 8.1.1.- OBJETIVOS

Los objetivos de los protocolos son los siguientes:

- Fortalecer los sistemas de coordinación entre los órganos de la Administración General del Estado, en el desarrollo de funciones dirigidas

a asegurar la vialidad en la Red de Carreteras del Estado, en caso de ocurrencia de nevadas y otros fenómenos meteorológicos extremos que puedan acentuar los efectos negativos de las mismas sobre la citada red.

- Evitar o reducir al mínimo el número de tramos con bloqueo al tráfico y su duración, así como asegurar la atención a las personas ocupantes de los vehículos cuando las circunstancias lo hagan necesario.
- Establecer asimismo las previsiones de coordinación de los órganos centrales implicados, así como los criterios a tener en cuenta por los protocolos específicos correspondientes a las delegaciones y subdelegaciones del Gobierno, incluyendo la necesaria coordinación con las administraciones de las comunidades autónomas y locales.

### 8.1.2.- SISTEMAS DE INFORMACION METEOROLÓGICA Y ALERTAS

La Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), además de los boletines de predicción meteorológica nacional, autonómica y provincial, proporciona alertas y avisos de acuerdo con el Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Meteorología Adversa.

El día 1 de diciembre del año 1997, entró en funcionamiento el Plan Nacional de Predicción y Vigilancia ante Fenómenos Meteorológicos Adversos, que tuvo sus antecedentes, en lo relativo a las nevadas, en el denominado plan "Previmet Nevadas".

De acuerdo con dicho plan, la AEMET emite periódicamente boletines en los que la información meteorológica aparece sistematizada y clasificada, en función de umbrales preestablecidos, según el código de colores siguiente:

- NIVEL ROJO: el riesgo meteorológico es extremo (fenómenos meteorológicos no habituales de intensidad excepcional y con un nivel de riesgo para la población muy alto).
- NIVEL NARANJA: existe un riesgo meteorológico importante (fenómenos meteorológicos no habituales y con cierto grado de peligro para las actividades usuales).
- NIVEL AMARILLO: no existe riesgo para la población en general aunque si para alguna actividad concreta. Son predicciones que no superan los umbrales de peligro, pero para las que resulta aconsejable el seguimiento de su evolución.

A los efectos previstos en los protocolos, los boletines de información meteorológica relativa a nevadas es remitida por AEMET a:

- Dirección General de Protección Civil y Emergencias.
- Dirección General de Tráfico.
- Dirección General de Carreteras.
- Departamento de Infraestructura y Seguimiento de Situaciones de Crisis.
- Delegaciones y subdelegaciones del Gobierno.
- Órganos de protección civil de las comunidades autónomas.
- RENFE y FEVE.

Por su parte, la Dirección General de Protección Civil y Emergencias remite todos los boletines de aviso por nevadas (niveles naranja y rojo) recibidos de la AEMET a entre otros:

- Subsecretaría del Ministerio del Interior.
- Secretaria de Estado de Seguridad (CEPIC).
- Dirección General de Tráfico.
- Dirección General de Carreteras (Tele Ruta).
- Sala de Operaciones y Servicios de la Guardia Civil
- Centro Operativo de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil.

Asimismo la Dirección General de Protección Civil y Emergencias remite los boletines de avisos (niveles rojo y naranja) correspondientes al respectivo ámbito territorial:

- Delegaciones y subdelegaciones del Gobierno
- Órganos de protección civil de las comunidades autónomas

Teniendo en cuenta las especiales circunstancias de la ciudad de Madrid y sus accesos, la Dirección General de Protección Civil y Emergencias remite también los boletines de situaciones de nivel amarillo, relativos al área metropolitana de Madrid y Henares, a todas las entidades anteriormente relacionadas, a la Delegación del Gobierno en Madrid y a la Dirección General de Protección Ciudadana de la Comunidad de Madrid.

Por su parte la Dirección General de Carreteras difunde los boletines de la AEMET entre las empresas concesionarias de Autopistas del Estado.

Las delegaciones y subdelegaciones del Gobierno difunden los boletines de la AEMET a las correspondientes unidades territoriales de la Guardia Civil, jefaturas provinciales de Tráfico y unidades de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, demarcaciones y servicios provinciales de carreteras, así como a cualquier órgano de la Administración Ge-

neral del Estado en el territorio que se estime necesario.

Asimismo los boletines se remiten a los órganos de Protección civil y de gestión de carreteras de las correspondientes comunidades autónomas.

Cuando las predicciones afecten a zonas geográficas que incluyan núcleos urbanos de grandes ciudades y sus vías de acceso, tales boletines serán remitidos por las delegaciones y subdelegaciones del Gobierno a las autoridades competentes de los ayuntamientos concernidos.

### 8.1.3.- PREVISIONES A NIVEL CENTRAL

#### 8.1.3.1.-COMITÉ ESTATAL DE COORDINACIÓN

Se constituye un Comité Estatal de Coordinación, presidido por el subsecretario del Ministerio del Interior, formado por: director general de Tráfico, general jefe de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, director general de Carreteras, directora general de Protección Civil y Emergencias, director general de Política de Defensa.

A este comité podrán incorporarse los representantes de otros organismos y entidades que, en cada caso, sean convocados por el presidente.

El comité desempeñará las siguientes funciones:

- a. Efectuar el seguimiento de las situaciones que puedan afectar a la vialidad de la Red de Carreteras del Estado y, en su caso, coordinar las medidas a adoptar, por los órganos que forman parte del comité y por las delegaciones y subdelegaciones del Gobierno implicadas.
- b. Disponer medidas que faciliten la coordinación de la información a los ciudadanos, a través de los medios de comunicación social.
- c. Establecer directrices para la elaboración de protocolos de coordinación de actuaciones ante situaciones de nevadas por las delegaciones y subdelegaciones del Gobierno, en los ámbitos territoriales.

#### 8.1.3.2.- UNIDAD DE VALORACIÓN DE RIESGOS

Se constituye una Unidad de Valoración de Riesgos que tendrá como misión valorar la situación meteorológica prevista, en cuanto al riesgo de nevadas, en relación con el impacto que su desencadenamiento puede suponer para la vialidad de las carreteras y, en su caso, para la prestación de otros

servicios públicos, con los consiguientes perjuicios para los ciudadanos.

La Unidad de Valoración de Riesgos estará constituida por representantes de la Agencia Estatal de Meteorología, de la Dirección General de Protección Civil y Emergencias y de la Dirección General de Tráfico.

#### 8.1.4.- PREVISIONES A NIVEL TERRITORIAL

Las delegaciones y, en su caso, las subdelegaciones del Gobierno elaborará y actualizarán anualmente un protocolo de coordinación (provincial) para el caso de nevadas en las Red de Carreteras del Estado, de conformidad con los criterios que se indican a continuación.

##### 8.1.4.1- ORGANIZACIÓN

La dirección y coordinación de las actuaciones previstas en los protocolos de delegaciones y, en su caso, subdelegaciones del Gobierno, estarán a cargo del correspondiente delegado o subdelegado del Gobierno, con el apoyo y asistencia de un comité ejecutivo y de un gabinete de información.

El comité ejecutivo estará constituido de la forma siguiente:

- Presidente: delegado del Gobierno o, en su caso, subdelegado del Gobierno.
- Asimismo podrá incorporarse al comité ejecutivo siempre que su presidente lo considere necesario, un representante de la delegación territorial de AEMET que corresponda, el cual, en todo caso, estará disponible para prestar asesoramiento vía telefónica o mediante otros procedimientos telemáticos.
- Siempre que intervenga o se prevea la intervención de la Unidad Militar de Emergencias, el presidente del Comité Ejecutivo podrá solicitar la incorporación al mismo de un representante de dicha unidad.
- Dentro del Comité Ejecutivo podrán integrarse representantes de otras administraciones, en función de los acuerdos alcanzados con las mismas, en particular los servicios de conservación y explotación de carreteras y, en su caso, de protección civil.

Cada uno de los miembros del Comité Ejecutivo desempeñará las funciones que corresponden a sus competencias, correspondiendo específicamente a los miembros del comité que se citan a continuación, las siguientes:

- El jefe del Servicio de Conservación y Explotación de Carreteras dirigirá la actuación de los equipos quitanieves y dispondrá el uso de los fundentes necesarios.
- El jefe de demarcación de carreteras mantendrá comunicación permanente con las empresas concesionarias de autopistas de su ámbito territorial y cursará a las mismas las instrucciones que en cada caso correspondan.
- El jefe provincial de Tráfico dispondrá el establecimiento de controles para restringir el tráfico de vehículos pesados o de todo vehículo, exigir el uso de cadenas, o desviar el tráfico.
- El jefe de la Unidad de Protección Civil, dependiendo directamente del delegado o subdelegado del Gobierno, actuará como director técnico del respectivo centro de coordinación operativa, mediante el cual habrán de mantenerse las comunicaciones, durante todo el tiempo que dure la situación de emergencia, con los puestos de mando avanzado que se constituyan y, en su caso, con las diferentes unidades de intervención, así como con la Sala Nacional de Emergencias de la Dirección General de Protección Civil y Emergencias.
- Se constituirá un gabinete de información que dependerá directamente del delegado o subdelegado del Gobierno, a través del cual se canalizará toda la información a los medios de comunicación social y a la población, durante la emergencia. El gabinete de información actuará bajo la coordinación del jefe del gabinete de prensa de la delegación o subdelegación del Gobierno.

#### 8.1.4.2.- PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS

##### 8.1.4.2.1.- PREVISIONES GENERALES

En los protocolos (provinciales) se determinarán aquellos tramos de carretera que pueden resultar más conflictivos en caso de nevadas, estableciendo en ellos:

- El lugar en el que habrá de ubicarse, en caso necesario, un puesto de mando avanzado.
- Los puntos donde se situarán las zonas para estacionamiento de vehículos en el caso de cierre o restricción del tráfico.
- Los centros de conservación y explotación donde se ubican las máquinas quitanieves y otros equipamientos que deban atender dichos tramos cuando resulte conveniente.

- Para cada uno de los puestos de mando avanzado, asociados a tramos de carretera potencialmente conflictivos en caso de nevada, se establecerá en el protocolo:
  - Las personas que en razón de sus cargos habrán de formar parte de los mismos.
  - La dotación de recursos con la que habrán de contar, fundamentalmente en cuanto se refiere a equipo material y humano para asegurar las comunicaciones con los servicios de intervención con el centro de coordinación operativa de la delegación o subdelegación del Gobierno.
  - Para la atención a las personas ocupantes de los vehículos que puedan verse inmovilizados, se estará a lo dispuesto en el correspondiente plan territorial de protección civil de la comunidad autónoma de que se trate, el cual estará dirigido por los órganos que en el mismo se hubieran establecido salvo que la emergencia sea declarada de interés nacional por el Ministro del Interior y, en consecuencia, la dirección de las actuaciones de protección civil pase a la autoridad estatal que se designe.

En todo caso, se establecerán los apoyos necesarios con recursos materiales y humanos, de la Administración General del Estado, para el mejor desempeño de la actividad de atención a los ocupantes de vehículos inmovilizados.

#### 8.1.4.2.2.- PREVISIONES SEGÚN FASES DE EVOLUCIÓN DE LA SITUACIÓN

##### a.- Fase de alerta.

Esta fase se iniciará, siempre que se produzca la emisión, por la AEMET, de un boletín de aviso por nevadas (de niveles rojo o naranja) relativo a ese ámbito territorial o un boletín de situación amarilla por nevadas en el área metropolitana-Henares de Madrid o en aquellas otras áreas correspondientes a grandes ciudades que se determinen, así como cuando lo aconseje la valoración de las circunstancias específicas que concurran (lugar, horario, día de la semana, entre otras).

Se dará por finalizada esta fase cuando cesen las circunstancias que dieron lugar a la misma o cuando la situación haga necesario pasar a la fase de pre-emergencia.

Los procedimientos operativos para esta fase deberán contemplar las actividades siguientes:

- Transmisión, a través de la Unidad de Protección Civil de la Delegación y, en su caso, subdelega-

ción del Gobierno de los avisos sobre el pronóstico de nevadas, a los órganos de la Administración General del Estado en la provincia.

- Alerta de cada uno de dichos órganos a sus propios servicios, con la puesta en disposición de movilización de los que se consideren en cada caso necesarios.
- Difusión, a través del gabinete de prensa de la delegación del Gobierno, de mensajes a la población advirtiendo del riesgo y de las principales medidas a adoptar.
- Despliegue y movilización, de las máquinas quitanieves y esparcidores de sal, para actuar en las carreteras en los tramos preestablecidos o en aquellos en los que se estén produciendo las nevadas.
- Efectuar las previsiones necesarias para la inmediata puesta en funcionamiento, en caso necesario, del centro de coordinación operativa así como de los puestos de mando avanzado.

##### b.- Fase de preemergencia.

Esta fase se producirá mientras la intensidad de la nevada haga prever dificultades para la circulación o la nieve caída en la calzada, el hielo o cualquier otra circunstancia, dificulte efectivamente la circulación en algún tramo de la Red de Carreteras del Estado.

Se pondrá en funcionamiento permanente del centro de coordinación operativa y establecimiento de los puestos de mando avanzado asociados a los tramos de la Red de Carreteras del Estado que por su situación lo requieran con previsión de apoyo por las fuerzas de la Comandancia de la Guardia Civil.

Se establecerán y cesarán, en su caso, las restricciones a las condiciones normales de circulación (circulación con cadenas, prohibido circular o restricción para vehículos pesados).

Se establecerán por la Guardia Civil de Tráfico de controles de carreteras, en puntos preestablecidos, para la puesta en práctica de las restricciones a la circulación que resulten necesarias con previsión de apoyo por las fuerzas de la Comandancia de la Guardia Civil.

Se difundirá, a través del gabinete de prensa de la delegación o subdelegación del Gobierno, de mensajes a la población, concretándose todo lo posible las precauciones a adoptar y las restricciones a la circulación previstas para determinados tramos y zonas de estacionamiento con los servicios disponibles en su caso.

Se comunicará la situación y las actuaciones realizadas, a la Sala Nacional de Emergencias de la Dirección General de Protección Civil y al servicio de "Info DGT" de la Dirección General de Tráfico.

Además de las actuaciones enumeradas en puntos anteriores, los procedimientos operativos habrán de prever para las situaciones que lo requieran:

- El incremento de los puntos de control y la intensificación de las medidas restrictivas a la circulación.
- El despliegue de efectivos de la Guardia Civil para cubrir con eficacia los puntos de control anteriormente aludidos.
- La movilización de grúas para retirar vehículos inmovilizados que dificulten las actuaciones.
- La movilización de máquinas quitanieves para dejar expeditas las vías.
- La solicitud de intervención de la UME a la Dirección General de Protección Civil y Emergencias, de acuerdo con un previo requerimiento de la correspondiente comunidad autónoma o a iniciativa del delegado o subdelegado del Gobierno si la urgencia lo requiriese o el Plan Territorial de Protección Civil de la comunidad autónoma no estuviera activado.

#### c.- Fase de emergencia

Se alcanza esta fase cuando resulte necesario prestar atención a personas que han quedado bloqueadas o retenidas y no pueden seguir el viaje por sus propios medios.

En tales circunstancias, además de las actuaciones descritas para las fases anteriores, habrán de ponerse a disposición del órgano competente en materia de protección civil de la comunidad autónoma de que se trate, los medios de la Administración General del Estado que puedan contribuir o una adecuada atención a los ocupantes de vehículos que hayan quedado bloqueados en la calzada. Todo ello sin perjuicio de que se disponga lo necesario para poder atender los casos urgentes, mientras se procede a la activación del correspondiente Plan Territorial de Protección Civil de la comunidad autónoma.

Se facilitará, a los ciudadanos bloqueados en la calzada con sus vehículos, la información más detallada posible acerca de la situación y de las medidas que se están adoptando para solucionarla. Esta información habrá de efectuarse preferentemente a

través de las emisoras de radiodifusión y coordinarse, en todo caso, con los órganos competentes de la correspondiente comunidad autónoma.

Las medidas directas de atención comprenderán, en la generalidad de los casos, el suministro de bebidas, alimentos y ropas de abrigo o el traslado a lugares de alojamiento, mientras la situación se prolonga; si bien, en otros casos, habrán de ser adoptadas medidas particulares en razón a la situación o estado de determinados ocupantes de los vehículos involucrados (traslado a hospitales, en caso de enfermedad, por ejemplo):

- Los gastos de la puesta en práctica de dichas medidas por parte, en tanto sean efectuadas a instancias del delegado del Gobierno, correrán a cargo de los presupuestos de la Dirección General de Protección Civil y Emergencias, previa autorización de ésta, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 307/2005 de 18 de marzo.
- Los gastos a que dé lugar la atención de emergencias en la red de autopistas estarán a cargo de la correspondiente empresa concesionaria, de acuerdo con lo establecido en el correspondiente pliego de condiciones regulador de la concesión.

#### 8.1.4.2.3.- PROCEDIMIENTOS ESPECÍFICOS SOBRE RESTRICCIONES AL TRÁFICO

Se considera que la base de las actuaciones ante la previsión de nevadas debe ser la prevención. A estos efectos, entre otras cosas, es esencial el corte preventivo de la circulación de vehículos pesados antes de que haya riesgo de que queden parados en algún punto, dificultando la circulación o el trabajo de las máquinas quitanieves.

Dado que las restricciones al tráfico precisan de una decisión que debe tomarse en cuestión de minutos, esta inmediatez requiere el despliegue de los efectivos desde el momento en que el parte meteorológico prevea nevadas:

- La decisión de corte preventivo de la circulación de vehículos pesados se tomará a la vista de la intensidad de la nevada y antes de que se haya acumulado un espesor de nieve que haga posible el que se produzca el riesgo de que los vehículos pesados se atraviesen en la calzada.
- La decisión de restricciones al tráfico se tomará por los responsables de carreteras y/o agentes de la Guardia Civil que tengan suficiente criterio y nivel de responsabilidad y estén más próxi-

mos al terreno, sin perjuicio de que informen de inmediato a sus superiores, pero sin que la efectividad de la decisión deba supeditarse a su ratificación por éstos.

- La propuesta de decisión de levantar la restricción o el corte de circulación se llevará a cabo con la mayor premura posible en cuanto desaparezca el riesgo. Sin embargo, para llevarla a efecto, habrá de considerarse la situación en otros tramos del itinerario que pudieran condicionar esta acción.
- Se procurará que las decisiones se tomen de común acuerdo entre los responsables de carreteras y los agentes de la Guardia Civil que estén facultados para ello. Pero si esto no fuera posible, por ausencia de uno de los dos o por discrepancias entre ellos, prevalecerá el criterio del que esté más próximo al terreno.
- Los efectivos de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, desplegados previamente en los puntos de corte preestablecidos, harán efectivo el corte inmediatamente que reciban las órdenes correspondientes. Igualmente levantarán la restricción de forma escalonada en cuanto se les comunique la decisión en este sentido.

El mismo procedimiento se aplicará, en su caso, para la adopción de las decisiones de uso obligatorio de cadenas y corte de la carretera al paso de todo tipo de vehículos. En el caso de que algún tramo cubra más de una provincia, en el protocolo provincial correspondiente se hará expresa referencia a este hecho, señalándose el tramo completo e incluyéndose toda la información correspondiente a éste y no sólo la que afecte a la provincia de que se trate, debiendo quedar, no obstante, convenientemente resaltada la parte del tramo incluida en ella.

En los protocolos provinciales se incluirá expresamente la identificación de los puntos de corte de la circulación y de las zonas concretas de estacionamiento de vehículos.

En la fase de emergencia se emitirá un boletín de información de retorno, a partir del momento en que se hayan tenido noticias en la Subdelegación o Delegación del Gobierno de las primeras dificultades de circulación, debiéndose actualizar periódicamente y en todo caso cuando se produzcan modificaciones significativas.

Los servicios provinciales de carreteras mantendrán contacto permanente con las empresas concesionarias de autopistas de peaje durante todo el transcurso de la emergencia para comunicarles las

instrucciones pertinentes y para conocer las medidas adoptadas por la empresa concesionaria. El delegado o subdelegado del Gobierno podrá solicitar a la Delegación del Gobierno en las Sociedades Concesionarias de Autopistas de Peaje el levantamiento de las barreras de peaje.

El Centro de Gestión de Tráfico podrá instar la adopción de las medidas oportunas cuando los datos disponibles lo aconsejen.

### 8.1.5.- PREVISIONES ESPECIALES PARA LOS ACCESOS A LAS GRANDES CIUDADES

Los accesos a las grandes ciudades presentan particularidades que es preciso tener en cuenta a la hora de planificar la respuesta ante situaciones de nevadas:

- Gran densidad de tráfico en determinadas franjas horarias, coincidentes con las entradas y salidas a los centros de trabajo o áreas comerciales.
- Son vías que a menudo conducen también y por tanto facilitan o dificultan el acceso a otros medios de transporte, puertos y aeropuertos por ejemplo.
- De ahí que el boqueo de tales accesos suponga, en la mayor parte de los casos, perjuicios muy notables, tanto de orden social como económico.
- La prevención de esas situaciones es, sin embargo, compleja por múltiples motivos:

a) Por un lado y principalmente, porque depende de configuraciones del desarrollo urbanístico sobre las que poco o nada puede incidirse en el muy corto plazo.

b) Por otra parte, porque los accesos a las grandes ciudades constituyen, por lo general, una malla en la que las vías que la componen son de titularidades diversas (Administración General del Estado, comunidad autónoma y ayuntamientos).

La vialidad de los accesos a las grandes ciudades en caso de nevadas, requiere de una planificación específica, en la que la coordinación entre las administraciones públicas implicadas se hace especialmente necesaria.

Los protocolos de delegaciones y subdelegaciones del Gobierno preverán la organización específica mediante la cual se asegurará la coordinación con los organismos dependientes de la correspondiente comunidad autónoma y del ayuntamiento o ayuntamientos, al objeto de que quede garantizada la máxima fluidez posible de tráfico en los accesos a

los núcleos urbanos, y a los principales nudos de conexión con otros tipos de transporte (aeropuertos, estaciones de ferrocarril y puertos marítimos).

Para ello, además de la incorporación de tales ayuntamientos en los procesos de información sobre predicciones meteorológicas anteriormente detallado, se establecerán los acuerdos necesarios con la finalidad de que se incorporen al comité ejecutivo los representantes de la comunidad autónoma y del ayuntamiento.

En el caso de la ciudad de Madrid, el órgano de coordinación previsto en el correspondiente protocolo de Delegación del Gobierno, podrá ser sustituido, en caso de emergencia grave o cuando el subsecretario del Ministerio del Interior lo considere necesario, por un Comité especial, presidido por el mismo subsecretario y compuesto por representantes al máximo nivel de las tres administraciones, siéndolo por parte de la Administración General del Estado: la delegada del Gobierno en la Comunidad de Madrid, el director general de Tráfico, el director general de Carreteras y la directora general de Protección Civil y Emergencias.

La coordinación y el desarrollo de las actuaciones de atención a los ocupantes de vehículos inmovilizados a que hubiera lugar, se desarrollara según establezca el Plan Territorial de Protección Civil.

Las predicciones meteorológicas clasificadas de nivel amarillo, habrán de considerarse como avisos de importancia similar a los de nivel naranja.

Las delegaciones del Gobierno que lo consideren necesario para los núcleos urbanos de su ámbito territorial y, en todo caso, la Delegación del Gobierno en Madrid, establecerán procedimientos específicos de coordinación con las respectivas comunidades autónomas y ayuntamientos:

- Los procedimientos contendrán todas las previsiones de carácter preventivo que resulten posibles, incluyendo la información/alerta meteorológica.
- Contendrán la determinación del despliegue de medios que, por parte de cada una de las administraciones implicadas hubiera lugar.
- Los procedimientos específicos contemplarán las vías objeto del mismo como un conjunto único, aunque las actuaciones sean atribuidas, en cada caso, al órgano que sea competente y se establecerán las vías críticas y puntos potencialmente conflictivos, en los que sea prioritaria la actuación en caso de nevadas. Y se establecerá la forma de decidir prioridades de intervención.

Para la puesta en práctica de estas acciones prioritarias, una vez agotados los recursos de la administración competente para su desarrollo, se contará con el apoyo de medios de las otras administraciones.

Es fundamental que los órganos de coordinación establezcan, con tiempo suficiente, las medidas y recomendaciones preventivas dirigidas a los ciudadanos, ante el riesgo de nevadas, y durante la situación de emergencia se canalice una información permanente y lo más detallada posible a través de los medios de comunicación social.

En definitiva los protocolos especiales de vialidad invernal relativos a los accesos a grandes ciudades, deberán considerar las actuaciones siguientes:

- a) Priorizar el funcionamiento del transporte público, mantenimiento en buenas condiciones de vialidad de accesos a aeropuertos y estaciones de ferrocarril, incentivando el uso del transporte público suburbano.
- b) Reducir el uso del vehículo privado, racionalizando los desplazamientos a los colegios, universidades y centros de enseñanza y los desplazamientos relacionados con el transporte y distribución de mercancías.
- c) Determinar las vías y franjas horarias de mayor intensidad media de circulación de vehículos, los tramos críticos de la red viaria por franjas horarias y establecer un programa de prioridades de intervención sobre la red viaria de accesos.
- d) Priorizar las actuaciones en los tramos más críticos:
  - a) Distribución de fundentes
  - b) Ubicación de máquinas quitanieves e itinerarios de accesos
  - c) Puntos de corte a vehículos pesados y zonas de aparcamiento
  - d) Puntos de ubicación de la policía de tráfico
  - e) Puntos e itinerarios de desviación del tráfico
    - i. Disponer de un centro integrado de gestión de la vialidad que podrá ubicarse en el Centro de Gestión de Tráfico, en el que estarán representados todos los servicios y administraciones implicados y dispondrá de toda la información sobre el estado de las vías y su evolución, sin perjuicio de la aplicación del Plan Territorial de Protección Civil que en cada caso corresponda.

## 8.2.- PROTOCOLO PROVINCIAL DE COORDINACIÓN DE ACTUACIONES ANTE SITUACIONES DE NEVADAS EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO

### 8.2.1.- OBJETO DEL PROTOCOLO

El objeto del protocolo es establecer la organización y los procedimientos de actuación de los servicios, medios y recursos de la Administración General del Estado disponibles en la provincia que resulten necesarios para asegurar, ante el riesgo de nevadas, la vialidad en la Red de Carreteras del Estado, o reducir al mínimo el número de tramos con restricciones al tráfico o retenciones y su duración, así como asegurar la atención a las personas ocupantes de los vehículos afectados por esta situación, cuando las circunstancias lo hagan necesario. Habrán de establecerse, además, los mecanismos de coordinación con las administraciones autonómicas y locales, en particular con sus órganos competentes en materia de protección civil, en todo lo relativo a la atención de las personas ocupantes de vehículos inmovilizados.

El protocolo provincial debe recoger, en particular, los medios a disposición (camiones quitanieves, máquinas dinámicas, depósitos y silos de fundentes, estaciones meteorológicas, zonas de estacionamiento de vehículos, grúas, hoteles, albergues, centros sanitarios y ambulancias, diversa maquinaria de apoyo, estaciones de servicio, etc.), las competencias de cada responsable, las condiciones para la declaración por el delegado o subdelegado del Gobierno de las distintas fases de emergencia y la necesidad de incorporar los planes operativos correspondientes a cada posible situación.

### 8.2.2.- CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS, CLIMATOLÓGICAS Y SOCIOECONÓMICAS DE LA PROVINCIA

Una vez establecido el periodo de vigencia y el ámbito territorial de actuación de cada protocolo, que será el provincial (previéndose la coordinación entre los respectivos subdelegados del Gobierno en aquellos casos en los que existan sectores en que los recursos asignados correspondan a tramos situados en diferentes provincias), se deben recoger en él todas aquellas características geográficas (altitud, sistemas montañosos, etc.), climatológicas (temperaturas, precipitaciones, zonas y días de nevada y helada, etc.) y socioeconómicas (demografía, reparto geográfico de la población y sus recursos) de la provincia que resulten relevantes ante el riesgo de fenómenos invernales adversos.

### 8.2.3.- PUNTOS POTENCIALMENTE CONFLICTIVOS EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO

De las características y configuración de la Red de Carreteras del Estado en la provincia de que se trate y de la propia experiencia existente, se determinarán aquellos tramos de carretera que pueden resultar más conflictivos en caso de nevadas y sobre los que, fundamentalmente, ha de estar referido el Protocolo.

Para cada uno de los tramos conflictivos, se fijarán:

- Los centros de conservación y explotación donde se ubican las máquinas quitanieves y otros equipamientos que deben atender dicho tramo.
- Las posibles zonas de aparcamiento de vehículos pesados en caso de restricción al tráfico, con su capacidad estimada, así como las zonas de detención de vehículos ligeros para la colocación y retirada de cadenas.
- Los pasos de mediana entre calzadas en los tramos de autovía.

Ha de establecerse un orden de prioridad a la hora de atajar situaciones de emergencia de tipo global. Para ello, debe tomarse como referencia la asignación de Niveles de Servicio del Ministerio de Fomento en la Red de Carreteras del Estado (en adelante, RCE).

#### Nivel de Servicio 1.

Se detallarán aquellos tramos que por sus características puedan verse afectados por problemas de vialidad invernal y se encuadren dentro del Nivel de Servicio 1, el cual agrupa a todas las autopistas libres de peaje y autovías, las carreteras convencionales con  $IMD > 5.000$  (exceptuando los puertos de montaña con itinerario alternativo por autopista o autovía), los accesos a las estaciones de esquí más importantes y al menos una carretera que comunique con la red principal a todas las capitales de provincia y poblaciones de más de 20.000 habitantes por las que pase alguna carretera de la Red del Estado.

#### Nivel de Servicio 2.

Forman parte de este Nivel de Servicio 2 las carreteras convencionales con una IMD comprendida entre 1.000 y 5000 vehículos, todos los accesos a las capitales de provincia y poblaciones de más de 20.000 habitantes que no sean de Nivel de Servicio 1 y al menos una carretera de acceso a todas las poblaciones de más de 4.000 habitantes por las que pase alguna carretera de la Red del Estado.

#### Nivel de Servicio 3.

Incluye el resto de las carreteras convencionales, salvo los puertos situados entre dos provincias o que sean la única comunicación de poblaciones de más de 2.000 habitantes, que tendrán al menos Nivel de Servicio 2.

## 8.2.4.- SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y ALERTA

### 8.2.4.1.- INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

El día 1 de diciembre del año 1.997 entró en funcionamiento el Plan Nacional de Predicción y Vigilancia ante Fenómenos Meteorológicos Adversos, que tuvo sus antecedentes, en lo relativo a las nevadas, en el denominado plan "Previmet Nevadas". Este plan, que tiene su desarrollo a nivel regional, establece, para el caso concreto de nevadas, la elaboración por parte de los grupos de predicción y vigilancia de los centros meteorológicos territoriales de boletines regionales de predicción de corto, muy corto plazo y de información de fenómenos adversos observados (no contemplados con anterioridad), cuando se prevean nevadas que vayan a alcanzar los valores umbrales establecidos, que, como ejemplo para Castilla y León, son concretamente: 3 cm. de espesor de nieve en 24 horas en altitudes inferiores a 1.200 m., y a partir de 10 cm. de espesor en 24 horas en altitudes superiores a los 1.200 m.

Estos boletines son remitidos por el Centro Meteorológico Territorial a la delegación correspondiente y a las demás subdelegaciones del Gobierno.

### 8.2.4.2.- ALERTA

Una vez recibido en la delegación o subdelegación del Gobierno un boletín de los anteriormente reseñados, se procederá por su Unidad de Protección Civil a:

a.- Boletín de predicción de corto plazo (<48 horas):

- Alertar de inmediato a la demarcación o unidad de Carreteras del Estado (y a las demás administraciones titulares de carreteras), así como a las empresas adjudicatarias de los contratos de conservación integral.
- Seguidamente, se completará la remisión de este boletín a: Jefatura Provincial de Tráfico, Comandancia de la Guardia Civil, ayuntamientos de poblaciones importantes, RENFE, aeropuerto (si lo hay), Cruz Roja Española, empresas de servicios básicos esenciales (agua, energía eléctrica y comunicaciones), estaciones de autobuses, etc.

b.- Boletín de predicción de muy corto plazo (<24 horas), o de información de fenómenos adversos observados:

- Alertar de inmediato a todos los organismos y empresas reseñados en el anterior apartado.
- En aquellos casos en que del análisis de la situación recibida se deduzca la previsión de una situación generalizada y persistente de emergencia, se procederá, a través del gabinete de prensa de la delegación o subdelegación del Gobierno, a remitir una nota informativa a las emisoras de radio y televisión locales con el contenido de la predicción meteorológica y unas recomendaciones o consejos básicos, dirigidos a la población, ante la presencia de este fenómeno.

### 8.2.4.3.- INFORMACIÓN DE RETORNO

Una vez hecha realidad la predicción de nevadas y mientras persistan las consecuencias de las mismas sobre la vialidad en las distintas redes de carreteras de la provincia, se establecerán los siguientes mecanismos de información de retorno:

a.- De los organismos alertados a la delegación o subdelegación del Gobierno:

- Desde la Demarcación o Unidad de Carreteras del Estado (y desde las demás administraciones titulares de carreteras) sobre limitaciones y restricciones a la circulación que se adopten en cada momento, así como de las posteriores modificaciones. Esta información deberá coincidir con la que se comunique al sector/subsector de Tráfico.
- Desde la Comandancia de la Guardia Civil sobre las incidencias a la población que colateralmente surjan a consecuencia del episodio de nevadas.
- Desde el resto de organismos y empresas, cualquier incidencia que se produzca.

b.- De la Delegación o Subdelegación del Gobierno a la Dirección General de Protección Civil.

- Con la información a la que se refiere el apartado anterior, las unidades de protección civil de las delegaciones y subdelegaciones del Gobierno remitirán a la Dirección General de Protección Civil, conforme al modelo normalizado, la información disponible sobre las incidencias que ocasionen las nevadas, en especial, las relativas a:

- a) limitaciones a la vialidad (tramos de carreteras en los que sólo se permite el tráfico de vehículos ligeros, tramos en los que es necesario el uso de cadenas y tramos con corte de tráfico. También se informará de las zonas próximas a utilizar para el estacionamiento de vehículos con los servicios de que dispongan).
- b) vehículos y viajeros bloqueados (localización, número de vehículos y pasajeros, condiciones en que se encuentran).
- c) poblaciones aisladas (localización, número de habitantes, condiciones generales).
- d) necesidad de evacuación de enfermos u otras personas que lo requieran.
- e) cortes en los servicios esenciales (agua, luz, teléfono).
- f) medidas adoptadas.
- g) medidas que es preciso adoptar a corto plazo y necesidad de apoyo del nivel central.

## 8.2.5.- FASES Y SITUACIONES

### 8.2.5.1 FASE DE PREEMERGENCIA (SITUACIÓN 0)

Se inicia con la recepción en la Delegación o Subdelegación del Gobierno de un boletín de fenómeno meteorológico adverso relativo a nevadas.

Si no se producen las nevadas previstas, o si éstas no afectan a la circulación, se retornará a la situación de normalidad.

### 8.2.5.2 FASE DE EMERGENCIA

Se establecerá mientras se prevean dificultades para la circulación o éstas efectivamente se produzcan, y se mantendrá hasta en tanto exista cualquier tipo de restricción para la vialidad en la RCE. Comprenderá las siguientes situaciones:

Situación 1:

- En alguno de los puntos potencialmente conflictivos de la RCE se producen dificultades para la circulación e, incluso, se hace preceptivo el uso de cadenas para circular, si bien la extensión geográfica donde está nevando y los boletines de predicción recibidos tras iniciarse esta fase permiten estimar que no se van a producir mayores restricciones para la circulación de vehículos por la RCE.

Situación 2:

- La persistencia de las precipitaciones y su extensión geográfica hacen prever que la obligatoriedad del uso de cadenas se generalice en múltiples tramos de carreteras, pudiendo haberse producido cortes a la circulación y retenciones en alguno de ellos.

Situación 3:

- Se han producido cortes de carretera con bloqueo de vehículos y las condiciones hacen necesario prestar atención a sus ocupantes.
- La declaración de la situación de emergencia existente en cada caso se efectuará por el delegado o subdelegado del Gobierno.

## 8.2.6.- ORGANIZACIÓN

### 8.2.6.1.- DIRECCIÓN

El delegado o subdelegado del Gobierno en la provincia de que se trate asumirá la dirección y coordinación de las actuaciones previstas en el protocolo, con el apoyo y asistencia de un comité asesor y de un gabinete de información.

### 8.2.6.2.- COMITÉ ASESOR

Composición:

- Ingeniero jefe de la Demarcación de Carreteras (en las provincias cabecera de demarcación).
- Ingeniero jefe de Servicio de Conservación y Explotación de Carreteras.
- Jefe provincial de Tráfico y director del Centro de Gestión de Tráfico, si lo hubiere, o jefe de Servicio de Seguridad Vial.
- Jefe de la Comandancia de la Guardia Civil.
- Jefe del Sector/Subsector de Tráfico de la Guardia Civil.
- Comisario jefe de la Policía Nacional.
- Jefe de la Unidad de Protección Civil.

En aquellas situaciones de emergencia en las que intervengan o se prevea la intervención de unidades de las Fuerzas Armadas, se incorporará al comité asesor un representante de la autoridad militar, que actuará de enlace con los mandos de las unidades que hayan de participar, a las cuales transmitirá las misiones encomendadas a cumplir.

Funciones:

- Establecer el orden de prioridad de las actuaciones de los medios específicos tanto de titularidad estatal como contratados.
- Determinar las medidas de control de tráfico que la situación requiera en cada momento.
- Designar los medios, propios o contratados, que deban movilizarse en apoyo a otras administraciones que lo requieran.
- Diseñar los operativos específicos de socorro y ayuda que puedan demandarse.
- Cualquier otra para la que fuera requerido por la Dirección encaminada a restablecer la situación a su normalidad.

### 8.2.6.3.- GABINETE DE INFORMACIÓN

Composición:

- Responsables de los gabinetes de prensa de los departamentos que, representados en el comité asesor, dispongan de dicho servicio, coordinados por el responsable del gabinete de prensa de la Delegación o Subdelegación del Gobierno.

Funciones:

- Elaborar la información destinada a los medios de comunicación social, así como los avisos específicos a la población.

### 8.2.7.- PROCEDIMIENTO OPERATIVO

Se establece en concordancia con la situación que pueda darse durante la emergencia, de acuerdo con lo señalado anteriormente.

A continuación se recogen de forma sucinta las principales actividades a realizar en cada fase y situación:

#### 8.2.7.1.- EN LA FASE DE PREEMERGENCIA (SITUACIÓN 0)

Transmisión a los órganos de la Administración General del Estado, a través de la Unidad de Protección Civil de la Delegación o Subdelegación del Gobierno, de los avisos sobre el pronóstico de nevadas, tal y como se describe en el apartado 4.2. del protocolo. Alerta de cada uno de dichos órganos a sus propios servicios, con la puesta a disposición de los que se consideren necesarios.

Difusión, desde el gabinete de prensa de la Delegación o Subdelegación del Gobierno, de una nota informativa a los medios de comunicación social conteniendo la predicción a corto plazo, así como mensajes a la población advirtiendo del riesgo y de las principales medidas a adoptar.

Efectuar las previsiones necesarias para la inmediata puesta en funcionamiento, en caso necesario, del Centro de Coordinación Operativa de la Delegación o Subdelegación del Gobierno, así como de los puestos de mando avanzado.

#### 8.2.7.2.- EN LA FASE DE EMERGENCIA

Puesta en funcionamiento permanente del Centro de Coordinación Operativa y establecimiento de los puestos de mando avanzado asociados a los tramos de la RCE que por su situación lo requieran, con previsión de apoyo por las fuerzas de la Comandancia de la Guardia Civil.

Desde el inicio de esta fase y hasta que se restablezca la normalidad en la RCE, se elaborará desde la Unidad de Carreteras y la Comandancia de la Guardia Civil la información de retorno a la que se alude en el punto 4.3.

La Unidad de Carreteras dirigirá la actuación de los equipos quitanieves y dispondrá el uso de los fundentes necesarios. Igualmente, ordenará la señalización fija (señal S-21), de acuerdo con la situación existente en cada momento.

El jefe de la Unidad de Carreteras y el jefe provincial de Tráfico, a la vista de la situación que en cada momento presente la vialidad en la RCE, especialmente, en los tramos considerados potencialmente conflictivos, y al objeto de garantizar al máximo la seguridad de los usuarios, determinarán conjuntamente las medidas sobre la circulación que consideren oportunas: carretera cerrada al tráfico, restricción a vehículos pesados u obligatoriedad del uso de cadenas.

Las medidas que se adopten para cada tramo se complementarán con la presencia de agentes de Tráfico o, en su defecto, de la Guardia Civil, dada la distribución de medios que tiene esta fuerza y cuerpo de seguridad del Estado en el territorio, principalmente en aquellos lugares preestablecidos para la retención de vehículos, sirviendo a la vez como puntos de control de tráfico (restricción específica a vehículos pesados u obligatoriedad del uso de cadenas) e información sobre zonas de estacionamiento o itinerarios alternativos.

## Situación 1.

- Establecimiento y cese, en su caso, de la obligatoriedad del uso de cadenas para circular en determinados tramos de la RCE.
- Labor de apoyo del sector/subsector de Tráfico o de fuerzas de la comandancia con controles en los lugares o sitios preestablecidos para las retenciones.
- Establecimiento desde la Unidad de Protección Civil de comunicaciones periódicas con las diferentes unidades de intervención, así como con los municipios potencialmente más afectados según las predicciones.
- Remisión desde el gabinete de prensa de la delegación o subdelegación del Gobierno a las emisoras de radio y televisión locales de una nota informativa sobre la evolución del episodio de nevadas.
- Información de retorno sobre la situación y las actuaciones realizadas desde los distintos servicios a la Dirección General de Protección Civil, Dirección General de Carreteras y Dirección General de Tráfico.

## Situación 2.

- Convocatoria por el delegado o subdelegado del Gobierno del comité asesor, de la que saldrá el procedimiento operativo a seguir. El delegado o subdelegado del Gobierno podrá adelantar esta convocatoria si así lo estimase.

## Situación 3.

- Además de las situaciones anteriores, habrá de preverse la puesta en práctica de las medidas de protección y atención adecuadas a los ocupantes de los vehículos que hayan podido quedar bloqueados en la calzada. Estas medidas comprenderán, según las circunstancias, el suministro "in situ" de alimentos, bebidas y ropa de abrigo o el traslado a lugares de alojamiento mientras la situación se prolonga.
- Dentro de las funciones de sus protocolos están: zonificar el territorio en función del riesgo meteorológico, establecer las épocas de riesgo en función de las previsiones generales, y establecer y coordinar de manera eficaz los medios materiales y humanos para mantener unas óptimas condiciones de seguridad, comodidad y fluidez en las carreteras de las comunidades.

### 8.3.- PROTOCOLOS O PLANES DE VIALIDAD INVERNAL DE COMUNIDADES AUTÓNOMAS y OTRAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

Las comunidades autónomas, algunas administraciones provinciales y locales han elaborado a su vez sus protocolos de vialidad invernal, similares a los desarrollados por el Estado, como instrumento específico para la red de carreteras de su competencia.

Dentro de las funciones de sus protocolos están: zonificar el territorio en función del riesgo meteorológico, establecer las épocas de riesgo en función de las previsiones generales, y establecer y coordinar de manera eficaz los medios materiales y humanos para mantener unas óptimas condiciones de seguridad, comodidad y fluidez en las carreteras de las comunidades y otras administraciones provinciales y locales.

Los protocolos y planes de vialidad invernal desarrollados por las comunidades autónomas son heterogéneos, si bien responden en parte a un esquema común, que se expone a continuación.

#### 8.3.1.- OBJETIVOS

El protocolo recoge los objetivos que se quieren alcanzar con la redacción de los mismos.

Estos objetivos son definir la estructura organizativa y los procedimientos para la ejecución de los trabajos de atención a la vialidad invernal de la red de carreteras titularidad de la comunidad.

Dentro de las funciones del protocolo están: zonificar el territorio en función del riesgo meteorológico, establecer las épocas de riesgo en función de las previsiones generales, y establecer y coordinar de manera eficaz los medios materiales y humanos para mantener unas óptimas condiciones de seguridad, comodidad y fluidez en las carreteras de la comunidad.

#### 8.3.2.- DATOS GENERALES

En este apartado se recogen:

- Las características generales de la red de carreteras, clasificación de las mismas, y longitud de cada uno de los tipos de red.
- La distribución por municipios en función de la altitud. Y la distribución de las carreteras en función de su altitud, que se suele presentar en un mapa. Normalmente se toman como referencia intervalos de cotas de altitud entre 800-1.200 metros de altitud.

- La distribución de las zonas de conservación y subdivisiones de las mismas indicando los medios adscritos a ellas. Especificando si existen servicios contratados o en régimen de concesión.

### 8.3.3.- DEFINICIÓN DEL MAPA DE RIESGOS. IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE RIESGO

Se utilizan distintas metodologías para definir el índice de riesgo de cada zona.

Muchos se basan en una primera zonificación del territorio en función del número esperado de días de nieve al año (<5,5-20,>20). A esta primera clasificación se une una segunda en función de la altitud orográfica y una tercera en función de los umbrales de nieve a partir de los cuales cabe esperar problemas basados en los planes de emergencia de la comunidad.

Con estos criterios se zonifica el territorio en niveles de riesgo, normalmente: alto, intermedio y bajo. Esta zonificación se representa en los correspondientes mapas.

En cuanto a la vulnerabilidad de la red de carreteras ante problemas de vialidad invernal, de especial importancia es la identificación y localización de puntos que son habitualmente afectados por la nieve y el hielo, y que se centran principalmente en los puertos de montaña.

### 8.3.4.- ÉPOCA DE RIESGO

Aquí se establecerán las épocas del año que se consideren de alto riesgo y la época que se considere de riesgo medio.

Habitualmente se considera de riesgo alto, el período de tiempo comprendido entre el 1 de diciembre y el 31 de marzo y como época de peligro medio, los meses de noviembre y abril.

Durante todo este período, los 6 meses, se activa el dispositivo de vialidad invernal en toda las zonas de conservación.

En aquellas zonas con cotas superiores a 1.200 metros, se establecen periodos preventivos fuera de los especificados con anterioridad, en los que los medios de Vialidad Invernal estén preparados por si fuera necesario intervenir.

### 8.3.5.- TIPO DE NIVELES DE ALERTA

Para la determinación de los niveles de emergencia o alertas se utiliza:



Zonas de conservación



Carreteras de la Unidad de Castilla La Mancha en municipios con altura superior a 800m

	H < 800 m	H = 800 A 1.200 m	H > 1.200 m
<b>ALBACETE</b>			
Extensión (km <sup>2</sup> )	8143,39	6770,83	0,00
Nº de municipios	47	40	0
<b>CIUDAD REAL</b>			
Extensión (km <sup>2</sup> )	16943,7	2854,99	0,00
Nº de municipios	83	19	
<b>CUENCA</b>			
Extensión (km <sup>2</sup> )	3563,96	12234,72	1325,65
Nº de municipios	44	171	23
<b>GUADALAJARA</b>			
Extensión (km <sup>2</sup> )	2326,17	7331,49	2546,96
Nº de municipios	56	189	43
<b>TOLEDO</b>			
Extensión (km <sup>2</sup> )	14368,49	994,37	0,00
Nº de municipios	200	4	0

- Por un lado la información facilitada por la Agencia Estatal de Meteorología (alertas por colores).
- Y por otro la información establecida en los planes territoriales de protección civil ante emergencias e inclemencias invernales.

La Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) a través del Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Meteorología Adversa (METEOALERTA), establece la clasificación por colores vista con anterioridad.

Y el Plan Específico de Protección Civil ante el riesgo por Fenómenos Meteorológicos adversos en la comunidad, establece que las fases en que se puede clasificar la situación de emergencia ante fenómeno meteorológico adverso.

Los planes territoriales de protección civil ante inclemencias invernales suelen establecer la siguiente clasificación de las emergencias según su nivel de gravedad:

- Fase de Alerta
- Fase de Emergencia :
  - a) Emergencia Nivel 1
  - b) Emergencia Nivel 2
  - c) Emergencia Nivel 3

#### Fase de alerta

Se inicia con la emisión por el Centro Nacional de Predicción de la Agencia estatal de Meteorología (AEMET) de Boletín de Fenómenos Adversos en Nivel Rojo, relativo a nevadas, temperaturas extremas mínimas. Son situaciones cuyas consecuencias pueden ser atendidas por los servicios ordinarios de respuesta.

#### Fase de emergencia 1

Es aquella situación en la que se ha producido una inclemencia invernal que ha motivado la intervención de los medios del Plan.

Se produce en fenómenos meteorológicos adversos cuyas consecuencias superen la Fase de Alerta, y en las que sea necesario establecer una actuación coordinada de los recursos movilizados por las administraciones competentes, y de éste modo fijar prioridades, y los ámbitos de actuación de los citados recursos para que las carreteras no quedasen cortadas o lo hiciesen durante el menor tiempo posible.

En esta situación pueden realizarse acciones de apoyo a los municipios afectados.

Se trataría de situaciones en las que:

- Existen dificultades en el tránsito de vehículos, industriales y/o particulares.
- Se producen problemas en los transportes escolares.
- Las empresas de servicios públicos sufren alteraciones en la prestación de esos servicios esenciales durante menos de 12 horas.
- Aislamiento de poblaciones, en comarcas en las que es habitual la presencia de nieve, durante períodos de tiempo inferiores a las 24h, una vez finalizada la precipitación o el episodio.
- Aislamiento durante un corto espacio de tiempo de personas en tránsito, cuya atención no exija de medios extraordinarios.

#### Fase de emergencia 2

Es la situación en que debido a la gravedad de la inclemencia, quedan cortadas las carreteras y aisladas las poblaciones y/o pueden producirse daños que pueden afectar a personas y bienes.

Se produce cuando el fenómeno meteorológico adverso tiene como consecuencia alguna de las siguientes situaciones:

- Requerimiento de los medios de las Fuerzas Armadas.
- Aislamiento de poblaciones en las que los episodios de fenómenos menos meteorológicos adversos son infrecuentes y excepcionales, por lo que suponen un riesgo inesperado.
- Aislamiento de poblaciones, en comarcas en las que es habitual la presencia de la nieve, durante períodos de tiempo superiores a 24 horas, una vez finalizado la precipitación o el episodio.
- Aislamiento de gran número de personas en tránsito, por carretera, cuya atención requiera la organización de medios no ordinarios.
- Cortes de carreteras, autonómicas que produzcan graves alteraciones del tráfico o Interrupción o alteraciones importantes, durante más de 12 horas, del funcionamiento de servicios públicos esenciales, que afecte a colectivos de población.
- Atención a colectivos de escolares en situaciones de aislamiento o incomunicación.

- Cierre de aeropuertos y estaciones, durante períodos de tiempo prolongados, que traiga como consecuencia la necesidad de atender a gran número de viajeros.
- Infraestructuras o industrias básicas afectadas por temporales de nieve, que supongan un grave riesgo adicional para la población o los bienes, o bien sea necesario proteger para garantizar su funcionamiento o la prestación del servicio.

### Fase de emergencia 3

Referido a aquellas emergencias en que habiéndose considerado que está en juego el interés nacional, así sean declaradas por el ministro del Interior. Será también función del ministro del Interior el paso de Nivel 3 a Nivel 2.

#### 8.3.6.- OPERATIVIDAD

En este apartado se establecen el conjunto de acciones aplicadas en tiempo y lugar oportuno para la consecución de los objetivos del Plan de Emergencias.

Se definirá quien y de qué manera distribuye, canaliza y coordina la información, así como las directrices de actuación a seguir.

Normalmente estas funciones se realizan a través de un centro de gestión o coordinación cuyos objetivos son:

- Gestión integral de la información del plan de vialidad invernal.
- Permitir el seguimiento del estado de las carreteras de la red viaria de la comunidad.
- Acceso y gestión centralizada de los medios y recursos de la vialidad invernal.
- Gestión de las incidencias.
- Y sus funciones dentro del periodo invernal son:
  - Recepción de las predicciones meteorológicas.
  - Recepción de las alertas del 112.
  - Recepción de la información facilitada por los centros de conservación.
  - Recepción de la información recibida por otros agentes: Guardia Civil, Policía, ayuntamientos, centros de control de comunidades limítrofes, Ministerio de Fomento, etc.

- Gestión centralizada de la información.
- Coordinación entre administraciones y agentes implicados.
- Información al usuario del estado de las carreteras.
- Control diario meteorológico de los puertos, registrando como mínimo tres partes al día.
- Acceso a cámaras.
- Seguimiento de máquinas quitanieves dotadas con sistema GPS, localizando su emplazamiento sobre plano, rutas y actuaciones realizadas.
- Captación y procesamiento de información de las estaciones meteorológicas.
- El procesamiento de toda la información recogida en el centro de gestión.
- Se indicara en este apartado con claridad a que personas y organismos enviará el centro de gestión, los distintos tipos de información (Partes de vialidad invernal, Alertas 112, Predicciones e Incidencias) recogida por el mismo.

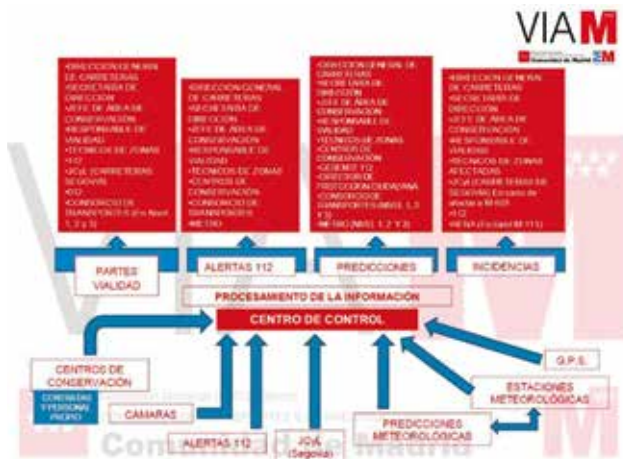
También se recogerá en este apartado el tipo de información (recursos materiales y humanos empleados, estado de los tramos de carretera...), horarios y frecuencias que los distintos sectores de conservación y medios desplegados por la red enviarán al centro de coordinación.

#### 8.3.7.- ACTUACIONES

En este apartado se establecerán unas prioridades en las carreteras de la red viaria de la comunidad en función de los siguientes criterios:

- Acceso a Hospitales
- Acceso a las capitales de provincia y núcleos de población anexos.
- Acceso a otros núcleos de población importantes.
- Vías de alta capacidad.
- Líneas de transporte de interés estratégico.
- Accesos a aeropuertos, estaciones de ferrocarril y autobuses.
- Itinerarios de la Red de Itinerarios para mercancías peligrosas RIMP.
- Accesos a vías de alta capacidad del Ministerio de Fomento

En función de estas prioridades se confeccionara una lista estableciendo las carreteras prioritarias en las que trabajar clasificándolas por sectores de conservación.



Una vez definida la prioridad en la red se establecerán diferentes escenarios de actuación en función de los fenómenos meteorológicos adversos que se den (nevadas y heladas), la cota o temperatura de los mismos y la zona o sector donde se produzcan. En cada una de las hipótesis de actuación previstas se definirán, para cada zona, los equipos y medios a utilizar, los recorridos de cada equipo tanto en tratamientos preventivos como curativos e incluso en vigilancia y los horarios de los mismos.

Los escenarios previstos se suelen diferenciar entre heladas y nevadas y dentro de estos en función de la temperatura y de la cota orográfica, para cada una de las zonas.

### 8.3.8.- MEDIOS MATERIALES Y HUMANOS PARA LA VIALIDAD INVERNAL

Aquí se describen de una forma detallada todos los medios materiales y recursos humanos, distribuidos en las distintas zonas para hacer frente a los fenómenos meteorológicos adversos. ANEXOS.

Se suelen acompañar los protocolos o planes autonómicos con distintos anexos que recogen, teléfonos y direcciones de los agentes implicados y servicios, mapas de diversa tipología (sectores o zonas, medios disponibles, servicios, altimetría, priorización de la red...) modelos de comunicaciones, partes y ficha, etc.

### CONVENIOS DE COLABORACIÓN ENTRE ADMINISTRACIONES

Una herramienta fundamental en la coordinación y en el uso racional de los medios frente a los fenómenos meteorológicos adversos invernales son los convenios de colaboración entre distintas adminis-

traciones, cuyo objeto es mejorar la gestión de los recursos públicos.

Estos convenios son muy útiles entre comunidades autónomas que disponen de una red de carreteras que sirven de unión entre ambos territorios y cuya adecuada vialidad se pretende garantizar por medio de los mismos. Así se asegura una adecuada coordinación que garantice la funcionalidad de las mismas.

El texto del convenio regula los compromisos básicos de ambas Administraciones relativos a los servicios de vialidad invernal en las carreteras colindantes que en el mismo se contienen.

En los convenios se definen los ámbitos de actuación enumerando los tramos de carretera en los cuales se va a colaborar, actuando conjuntamente y los medios materiales que se ceden de una administración si se diera el caso.

Es habitual y muy útil también el desarrollo de convenios específicos de colaboración que se firman entre administraciones regionales y administraciones provinciales y locales, por las que una de las administraciones se hace cargo de las actuaciones de vialidad invernal de la otra en ciertos tramos de carretera de difícil acceso o gestión para la administración titular, con el objetivo de utilizar de manera eficaz los medios materiales y humanos disponibles para garantizar el tránsito en condiciones adecuadas en dichos tramos de carretera en el periodo invernal.

### 8.4.- PLANES OPERATIVOS

Tal y como se recoge en cada protocolo provincial de coordinación de actuaciones ante situaciones de nevadas en la RCE y en la Nota de Servicio sobre Actuación de los Servicios de Conservación en las Campañas de Vialidad Invernal, en cada uno de los Sectores de Conservación en que se ha dividido la RCE debe redactarse un plan operativo específico de vialidad invernal, que considerará todas y cada una de las situaciones que tienen una probabilidad razonable de presentarse y cómo disponer los medios para abordarlas, teniendo como objetivo deseable que el número de perturbaciones al tráfico sea, como máximo, el correspondiente a cada uno de los Niveles de Servicio asignados a cada carretera o tramo.

Los planes operativos de vialidad invernal deben ser particularizados para las características y condicionantes que requieren nuestras vías y sus especificaciones climáticas, además de consensuados entre todos los organismos que vayan a intervenir en las operaciones.

Esto requiere de un nivel de detalle y concreción de las actuaciones a llevar a cabo, considerando todas y cada una de las probables situaciones que pueden presentarse y cómo disponer los medios para abordarlas, incluso de establecimiento de un mayor número de niveles de alerta y emergencia, que para el caso de los protocolos provinciales.

El ámbito de aplicación de los planes operativos de vialidad invernal es propiamente el del sector de la Red de Carreteras del Estado para el que ha sido redactado. Es decir, debe ser un plan específico para las carreteras de cada sector, recogiendo las particularidades de trazado, desnivel, topología,... y de la meteorología existente en las mismas.

Estos planes operativos de vialidad invernal de cada sector formarán parte del Protocolo Provincial que recogerá a nivel más genérico las actuaciones a llevar a cabo a nivel provincial y la coordinación entre los organismos actuantes a este mismo nivel.

Los planes operativos de cada sector deben recoger al menos lo siguiente:

Características del tramo respecto a la vialidad invernal.

- Situación de los centros de vialidad invernal
- Situación de los puntos de almacenamiento de fundentes (silos y depósitos), sus accesos, indicando la capacidad de almacenaje de cada uno de ellos, maquinaria para cargar los fundentes y el tipo de fundente (cloruro sódico, cálcico, salmuera)
- Situación de los puntos de abastecimiento de carburante.
- Desvíos alternativos en caso de corte de calzada.
- Descripción de la orografía del sector.
- Días de alerta en campañas anteriores.
- Zonas de niebla. La niebla es un fenómeno muy común en España y, aunque no es estrictamente invernal, sí predominante en invierno.
- Días de nevada en campañas anteriores.
- Tramificación altimétrica.
- Zonas de umbría.
- Zonas de ventisquero.
- Zonas de posible bloqueo de camiones.

- Puntos de almacenamiento de camiones, con capacidades aproximadas.
- Transfer o paso de mediana en autovía.
- Zonas de estacionamiento de vehículos por restricciones a la circulación, o para la colocación y retirada de cadenas.
- Situación de las estaciones meteorológicas.
- Cualquier otro dato relevante para vialidad invernal

Personal y maquinaria.

En este apartado se recoge una lista con todos los datos de cada persona adscrita a la vialidad invernal del sector (nombre, categoría profesional, puesto de trabajo, teléfonos de contacto), indicando las tareas asignadas a cada una de ellas y sus relaciones jerárquicas y funcionales.

También se recogerá la totalidad de las máquinas (camiones quitanieves, máquinas dinámicas, vehículos todo terreno con sus sistemas de extendido de fundentes en seco, humidificado, líquido,...) disponibles para realizar las diferentes actividades relacionadas con la vialidad invernal del sector, indicando detalladamente las características de cada una de ellas.  
Sistemas de comunicación.

Se detallarán los sistemas de comunicación tanto con las bases, como entre vehículos, ya sea mediante emisoras de radio como por telefonía convencional, indicando la localización de los repetidores y sus frecuencias.

Así mismo se indicarán los sistemas para recibir la información meteorológica o de otro tipo y cómo se organizará la transmisión de los informes, sobre los tramos con restricción al tráfico, así como de cualquier otra incidencia.

Sistemas de predicción.

En el plan operativo de cada sector está recogida la manera en que se reciben las predicciones meteorológicas u otro tipo de órdenes que marcan el comienzo de los trabajos de vialidad invernal.

Organización de los trabajos

- Tratamientos preventivos: el plan recogerá qué máquinas van a intervenir, los recorridos que se van a realizar, el tipo de fundente y la dotación que se va a extender, los horarios a los que hay que realizarlos teniendo en cuenta el tiempo que se tarda en hacerlo, los sitios donde repostar fundente y combustible y los puntos

donde quedan las máquinas estacionadas hasta la siguiente actuación.

- Tratamientos curativos: los trabajos curativos se organizan dependiendo de distintas situaciones que se pueden presentar en el sector y que implican diferente cantidad de recursos a emplear y/o diferente manera de gestionarlos.

En el plan operativo se describe la organización para cada una de estas situaciones, definiendo la ubicación inicial de los quitanieves ante la previsión de la nevada, los turnos de trabajo y su duración, los recorridos o circuitos que previsiblemente debe hacer cada camión y el tipo de fundente y la dotación que hay que utilizar.

Los planes operativos deben recoger la posibilidad de que el tráfico en condiciones adversas puede entorpecer la actuación de los equipos quitanieves, pudiendo llegar a bloquearlos, por tanto, recogerá plantear alternativas, disponiendo, estratégicamente los medios para que, en caso de que se produzcan estas retenciones, se pueda acceder en dirección contraria y en el menor tiempo posible al punto origen de la incidencia.

Un índice posible de los contenidos de un plan operativo de vialidad invernal podría ser:

#### 1.- Memoria

1.1.- Descripción del objeto del plan, directrices y documentos que se han tenido en cuenta para su redacción.

1.2.- Descripción general de las características del sector desde el punto de vista de la vialidad invernal (tipología de tramos, altimetría, trazado y tráfico, datos climáticos, afecciones más habituales a la vía en época invernal, termografías de los tramos, etc.).

2.- Descripción de las carreteras que componen el sector.

Tramos con dificultades de vialidad en periodo invernal, análisis de las vías del sector detallando las zonas umbrías, ventisqueros o las zonas de más riesgo por aparición de placas de hielo o de mayor probabilidad de nevadas, localización de pasos de mediana, localización de los aparcamientos de emergencia.

3.- Medios y recursos disponibles en el sector.

3.1.- Bases de operaciones, centros de comunicación e instalaciones

3.2.- Maquinaria

3.3.- Medios humanos

3.4.- Acopios de fundentes

3.5.- Otros medios auxiliares

3.6.- Medios externos al sector: maquinaria de empuje, grúas, etc.

4.- Organización del trabajo.

4.1. Actuaciones previas

4.2. Sistemas de información de predicciones meteorológicas

4.3. Procedimientos de actuación en las distintas fases de alerta, preemergencia y emergencia incluyendo los procedimientos específicos sobre restricciones al tráfico.

4.4. Trabajos posteriores a las situaciones meteorológicas adversas

5.- Anejos:

Planos de situación, altimetría, termografía, pasos de mediana y recorridos en cada una de las situaciones (preventivos y curativos), fotografías, relación de estaciones de servicio, cuadros de puntos de corte para el tráfico por incidencias de vialidad invernal, cuadro de zonas de retención y estacionamiento de vehículos, listado de zonas de detención de vehículos ligeros para la colocación de cadenas.

## 8.5.- EN CONCLUSIÓN

La actuación de los distintos organismos que intervienen en los trabajos de vialidad invernal debe realizarse de una manera organizada y coordinada.

Es conveniente la redacción de protocolos de coordinación que establezcan los adecuados canales de comunicación entre los organismos que participan y fijen las directrices oportunas de actuación en las zonas comunes, delimitándose con claridad especialmente en estas zonas, las competencias de cada uno de ellos.

Los protocolos se deben redactar con el objetivo de ser entendidos por todos los que participan en él, y no simplemente que se justifiquen por el hecho en sí mismo de su existencia.

Los protocolos deben referirse exclusivamente a aquellas actuaciones que se pretenden coordinar, sin que entren en la organización interna de los procedimientos operativos de cada uno de los agentes participantes.

## 8.6.- TÉCNICAS DE ACTUACIÓN

Basándonos en la experiencia adquirida hasta la fecha por los servicios de vialidad invernal, podríamos enumerar ciertas pautas o métodos de trabajo habituales para la retirada de nieve o tratamiento de la carretera.

En carreteras convencionales de dos carriles, la anchura mínima que se limpie ha de ser suficiente para que se pueda circular en ambos sentidos. Si se tiene en cuenta el tráfico pesado, la anchura mínima debería ser de 7 metros. Sólo, excepcionalmente, podrá ser reducida a 5 metros con grandes nevadas. Para este mismo tipo de vías que dispongan de carril lento adicional, al igual que en el caso anterior la anchura mínima deberá ser de 7 metros. Se limpiarán los dos carriles principales en primer lugar y posteriormente la vía lenta. Si los medios existentes lo permitieran, se actuará simultáneamente en los tres carriles. Las máquinas quitanieves que deban trabajar en el mismo sentido, lo harán de forma que el camión del carril lento circule ligeramente retrasado con respecto al otro, eliminando de este modo el cordón que deja el vehículo quitanieves que circula por el carril central. Para este caso concreto la opción más idónea serían los camiones con doble hoja ya que la organización de dos quitanieves para limpiar carriles de lentos es bastante más compleja. En autovías y autopistas lo ideal es limpiar los dos carriles de cada sentido simultáneamente, para lo que deben emplearse grupos de dos máquinas de empuje en cada sentido trabajando de forma simultánea o bien máquinas con hojas doble hoja, de manera que entre las dos hojas podamos alcanzar los 7 m de anchura de trabajo. En el primer caso deben ir desplazadas ligeramente entre sí, yendo en primer lugar la que circula por el carril rápido.

En el caso de optar por camiones con doble hoja, además de conseguir mayor eficacia, la experiencia nos dice, que incluso consiguen el efecto de calmar el tráfico.

Se dispondrá de un equipo que limpie las intersecciones en carreteras convencionales y los enlaces en autovías y autopistas. Es muy importante que los usuarios puedan abandonar el tronco para continuar su itinerario.

Debemos tener en cuenta que en las autovías, existen áreas de descanso, aparcamientos, áreas de servicio, etc., que también es necesario limpiar, sobre todo cuando es necesario realizar embolsamientos programados.

Es recomendable realizar tratamientos preventivos en los aparcamientos de emergencia para facilitar su limpieza y el desembolso del mismo.

En general el orden de limpieza que sería aconsejable seguir en una carretera afectada por la nieve sería el que se indica a continuación

- ♦ carril rápido.
- ♦ accesos.
- ♦ segundo carril.
- ♦ áreas de descanso o servicio.
- ♦ resto de carriles y accesos.
- ♦ arceres.
- ♦ aparcamientos.

Si bien, lógicamente, el orden señalado es meramente orientativo, puesto que éste tiene que adaptarse a las características propias del tramo.

En tratamientos preventivos es recomendable no extender fundentes en los bordes de la carretera con el fin de evitar pérdidas y limitar la contaminación en los márgenes de la misma, siendo aconsejable guardar una separación entorno a un metro hasta dicho borde.

En línea con lo comentado anteriormente, sería más adecuado que los tratamientos preventivos se realizaran con salmuera, siempre que se disponga de los medios necesarios.

En el caso de tratamientos curativos deberá tratarse todo el ancho de la calzada.

En calzadas de dos o tres carriles se procurará aplicar los tratamientos preventivos en toda la anchura de la carretera de una sola vez, situándose el camión en el centro de la misma si el esparcidor no dispone de los elementos necesarios para su adecuada distribución desde un carril y siempre que sea posible.

En calzadas de cuatro carriles, sólo se tratarán dos de ellos en cada pasada, por lo que la longitud de la carretera sobre la que se puede actuar en un solo viaje del camión es menor que en el caso anterior. Es por tanto conveniente disponer de destacamentos de carga de fundentes en lugares estratégicos previamente elegidos.

Para tratamientos curativos contra el hielo se debe seguir el mismo sistema que para los tratamientos preventivos.

En el caso de nieve, la anchura de extendido de fundentes debe ser la misma que la de limpieza del útil empleado para eliminar la nieve de la calzada excepto que el espesor de nieve sea muy pequeño. En determinados casos, puede ser interesante realizar el extendido de la dosificación prevista en varias pasadas en vez de en una sola. Por ejemplo, en el caso de nieve sin apelmazar, en calzadas de fuerte pendiente que puedan producir la evacuación

del fundente, cuando por efecto de la lluvia se tiene a eliminar el tratamiento y, en general, cuando sea preferible hacer tratamientos frecuentes para mantener la salinidad de la carretera. En estos casos, normalmente no se incrementa la dosificación prevista, sino que sólo se varía el modo de llevarla a cabo.

En calzadas dotadas de un fuerte bombeo puede ser interesante reducir la anchura de extendido ya que la pendiente tiende a trasladar el fundente hacia los laterales.

Si actuamos sobre calzadas coincidentes con tramos en curva de elevado peralte, es conveniente desplazar el eje del extendido hacia la parte alta ya que, por efecto de la pendiente, el fundente tenderá a discurrir hacia las partes bajas.

Sobre un firme de reciente construcción es conveniente no extender fundentes en las primeras semanas. Lo deseable sería hacerlo a partir de los dos o tres meses de su puesta en obra.

Cada quitanieves tendrá establecidos claramente sus recorridos. Las maniobras de cambio de sentido se realizarán en lugares establecidos previamente, en zonas donde conozcamos con anterioridad que se pueden realizar sin problema y cuya maniobra sea de fácil ejecución.

Una vez se haya realizado la limpieza de la calzada es importante limpiar los arcones para evitar en zonas de curva o peraltes pronunciados que el agua producida al derretirse la nieve llegue a la calzada e inclusive puedan producirse "placas de hielo" si las temperaturas fuesen inferiores a 0° C.

En caso de producirse ventisqueros, se actuará sobre los mismos expulsando la nieve en el sentido del viento. Es decir deberá limpiarse el carril más cercano a la dirección del viento desplazando la nieve hacia el carril contiguo y finalmente se limpiará este último. En resumen se trata de limpiar la nieve por el margen opuesto a donde sopla el viento. Si no actuamos de este modo, corremos el riesgo de que la nieve retirada vuelva de nuevo a la carretera. Cuando se formen capas de hielo se extenderá sobre ellas Cloruro cálcico. Es muy efectivo disponer de algún saco de este fundente en los furgones de vigilancia y extenderlo a mano, tomando las medidas de seguridad y protecciones necesarias para su aplicación.

Los cambios de turno del personal de servicio se llevará a cabo en la carretera y de forma escalonada, al igual que sucede con los tiempos establecidos para la comida, debiendo mantener en todo

momento el número de efectivos necesarios para actuar en la carretera.

La sustitución de aquellos elementos susceptibles de desgaste –cuchillas o rascadoras– en las hojas o cuñas quitanieves, se llevarán a cabo preferiblemente en las bases de cada centro, procurando como se ha indicado en el apartado anterior, realizarlo de forma escalonada.



# RECURSOS HUMANOS Y SEGURIDAD Y SALUD

9.1.- Introducción.....	110	9.3.- Identificación, estimación y valoración de riesgos.....	110
9.2.- Condicionantes previos.....	110	9.4.- Actividad preventiva.....	112



## 9.1.- INTRODUCCIÓN

La ejecución de las operaciones de vialidad invernal exige disponer de personal en número suficiente, con la preparación y experiencia necesarias, en cada centro de conservación con el objetivo de asegurar el cumplimiento de los niveles de servicio establecidos por las administraciones.

Del mismo modo que el resto de operaciones a ejecutar en el marco de la conservación y explotación de carreteras, las actividades de vialidad invernal requieren una acción permanente de identificación, evaluación y control de los riesgos laborales. Para ello, las empresas y organismos públicos se deben dotar de una estructura organizativa, con funciones y prácticas definidas, de una metodología aplicada y de procedimientos para la participación de los trabajadores.

## 9.2 CONDICIONANTES PREVIOS

A diferencia del resto de operaciones de conservación las actividades de vialidad invernal se ejecutan, siempre, en condiciones climatológicas adversas. Lo que dificulta el propio desarrollo de los trabajos e incrementa el riesgo de producirse un accidente laboral.

En numerosas ocasiones los operarios realizan esta actividad con exposición a temperaturas inferiores a 0°C, con presencia de nieve y hielo en la calzada, con precipitaciones en forma de nieve y frecuentes ventiscas, con baja visibilidad, bien por las complicadas condiciones meteorológicas o porque se desarrollen, con un riesgo añadido, en jornadas nocturnas.

A todo lo cual hay que sumar que, esas mismas circunstancias meteorológicas, afectan al resto de los usuarios de las carreteras, incrementándose para ellos también el riesgo de sufrir un accidente. Algo que multiplica exponencialmente, de esa manera, el riesgo potencial que el tráfico rodado supone a la hora de valorar la probabilidad de producirse un accidente laboral para los operarios de conservación.

Hay que reseñar que los conductores españoles no pueden considerarse avezados en cuanto al manejo de sus vehículos ante episodios invernales complejos. Ni puede decirse que sus vehículos, en su gran mayoría, estén preparados para ello. La ausencia de prácticas de conducción en pavimentos deslizantes, durante la formación de conductores, la escasa utilización de neumáticos de invierno, la falta de concienciación del riesgo que supone la conducción en un temporal de nieve, extremando precauciones o

incluso evitando el desplazamiento suponen un claro incremento de los factores de riesgo.

A todos ellos hay que añadir otro que no debe olvidarse ni en las evaluaciones de riesgo ni en las medidas preventivas a adoptar: la presión institucional, pública y mediática, que acrecienta la responsabilidad profesional y corporativa de todos los trabajadores de los servicios de mantenimiento de la vialidad invernal, en sus diferentes escalas y en diferentes proporciones. Algo tan intangible como frecuente y para lo que sólo hay una medida preventiva: la concienciación social, en su amplitud de significado, de que tanto los responsables, como los medios a su cargo, desarrollarán las funciones que protocolariamente tengan encomendadas, para mantener o restablecer las condiciones adecuadas de seguridad y fluidez de la circulación en nuestras carreteras, en el menor tiempo posible.

## 9.3 IDENTIFICACIÓN, ESTIMACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS RIESGOS

El objetivo de la evaluación es estimar y valorar la magnitud de aquellos riesgos existentes durante todos los trabajos relacionados con las operaciones de vialidad invernal, para asegurar la seguridad y salud de los trabajadores y que no puedan evitarse. Además de proponer las medidas de control necesarias para eliminar o reducir dichos riesgos. Todo ello con el fin de planificar adecuadamente la actividad preventiva y de que los responsables dispongan de la información necesaria para tomar decisiones y adoptar las medidas necesarias para corregir las situaciones de riesgos.

Como paso previo a la evaluación de riesgos debemos clasificar las diferentes actividades que se desarrollan en la vialidad invernal:

- Programación, gestión y coordinación del servicio: asimilables a tareas técnicas y administrativas desarrolladas en diferentes épocas del año, en el marco de una oficina fija o un centro COEX, como son las comunicaciones, establecimiento de protocolos, organización del personal y turnos, calibración, verificación y supervisión del mantenimiento de la maquinaria, dotación de los aprovisionamientos de fundentes y repuestos mecánicos, etc.
- Mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de vialidad invernal: trabajos mecánicos tanto en la preparación de la campaña como al finalizar la misma, y reparaciones de los equipos durante el desarrollo de los trabajos, sin olvidar la limpieza de los equipos tras cada actuación.

- Trabajos de conducción de maquinaria para la ejecución de los tratamientos preventivos y curativos: entre los que se incluye la extensión de materiales fundentes sobre la calzada, el empuje de la nieve precipitada hacia los bordes de la misma y los fresados de las zonas donde la acumulación de nieve ha sido abundante.
- Acopio y carga de fundentes: labores de acopio, y almacenamiento y carga directa de fundentes, en estado sólido o líquido, así como la fabricación de estos últimos.
- Instalación y mantenimiento de equipos para el registro de las variables meteorológicas (estaciones, sondas, cápsulas meteorológicas, etc.), así como de los sistemas de aplicación autónoma de fundentes (aspersores).

Una vez que se tiene la lista de las actividades a realizar se identificarán los distintos peligros existentes y sus riesgos asociados para cada uno de ellos. Se deberán considerar los casos concretos de peligros específicos, teniendo en cuenta el carácter de la actividad y los lugares en los que se desarrolla. Posteriormente se deberán añadir nuevos peligros y riesgos identificados como consecuencia del proceso de participación y consulta de todos los operarios.

Se desarrolla por tanto la siguiente lista no exhaustiva y con objeto de detallar los peligros más específicos de las actividades en estudio:

- Caídas de personal a distintos nivel: caídas desde alturas iguales, superiores o incluso inferiores a 2 metros por: pérdida de equilibrio, tropiezos, resbalones. Aunque existen instalaciones de barandillas paralelas, hay que tener en cuenta el peligro durante las labores de carga de sal desde los silos y las operaciones que implican trabajar en la parte superior de los extendedores de fundentes, máxime con temperaturas bajas que pueden dar lugar a presencia de hielo.
- Caídas que provoquen lesiones por pisar suelos deslizantes.
- Caídas de objetos manipulados: cargas de los extendedores sobre los camiones, carga de sacos big bag de fundentes, etc.
- Caídas de cargas por desplome: acopios de sal a granel susceptibles de desplome.
- Golpes y contactos con objetos manipulados: golpes por partes cortantes, punzantes o abrasivas de herramientas, cargas u otros manipulados, durante las labores de mantenimiento y reparación de la maquinaria.
- Golpes y contactos con objetos en movimiento: partes móviles o desplazables de las máquinas, elementos de transmisión, etc.
- Golpes contra objetos inmóviles: elementos fijos de las instalaciones o infraestructuras.
- Contactos con partículas proyectadas: partículas proyectadas de forma incontrolada por mecanizados, golpeo, extensión de fundentes, etc.
- Atrapamiento por elementos móviles: entre elementos de transmisión de máquinas, partes desplazables de equipos y elementos fijos, etc.
- Atrapamiento por vuelco de objetos: máquinas, vehículos, instalaciones, cargas voluminosas, etc.
- Sobre esfuerzo físico o postural: por manejo manual de cargas, empuje, arrastre, elevación, y por posturas forzadas susceptibles de sobrecarga o distensión.
- Contactos eléctricos: contactos directos con elementos en tensión, contactos indirectos, etc.
- Exposición a ruido: exposición prolongada a altos niveles de ruido procedente de la maquinaria.
- Exposición a ambientes pulverulentos: durante el acopio y cargas de fundentes sólidos.
- Condiciones meteorológicas adversas: temporales de lluvia, nieve así como temperaturas ambientales extremas susceptibles de hipotermia.
- Incendios y/o explosiones: Incendios y/o explosiones no controladas en instalaciones, recintos o equipos.
- Atropellos y golpes con vehículos: dentro del recinto, instalación, centro de trabajo o con ocasión del trabajo.
- Accidente de tráfico: en vía pública durante o con ocasión del trabajo in itinere.
- Exposición a sustancias nocivas: daño químico por inhalación de gas, vapor, aerosol, polvo, etc.
- Contacto con sustancias cáusticas y/o corrosivas.

vas: daño químico por contacto (salpicadura, derrame...) con la piel, ojos, mucosas, etc.

El conjunto del personal de conservación que se pone a disposición de la vialidad invernal se puede agrupar en tres puestos de trabajo diferenciados.

- Personal que permanece habitualmente en la oficina atendiendo a las múltiples gestiones que se producen en el ámbito del centro, y que se representa por el puesto de trabajo denominado: trabajo técnico y de oficina. Podemos a su vez diferenciar a las personas de administración y comunicaciones, que no desempeñan ninguna labor fuera del centro, y a los responsables técnicos de la gestión del servicio, que se desplazan por la carretera supervisando y coordinando las actividades.
- Personal responsable del mantenimiento de equipos y maquinaria: que puede desarrollar su trabajo habitualmente en el centro o incluso, en momento puntuales, desplazarse a la carretera ante una reparación urgente.
- Personal (conductores) que salen a la carretera a desarrollar las distintas actividades preventivas y curativas. A las que hay que añadir las tareas de carga de fundentes en los acopios y silos distribuidos por el sector de carreteras objeto de conservación.

Analizados los riesgos existentes por puesto de trabajo se deben describir las medidas preventivas que deben adaptarse para evitar en la medida de lo posible que se produzca un accidente. En este punto, y por puesto de trabajo, se deben evaluar los riesgos para cada peligro, con el fin de poder clasificarlos según el nivel de riesgo y de este modo poder priorizar las acciones preventivas. Para ello se recomienda utilizar el método desarrollado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo que basa la estimación del riesgo para cada peligro, en la determinación de la potencial severidad del daño (consecuencias) y la probabilidad de que ocurra el hecho.

#### 9.4 ACTIVIDAD PREVENTIVA

De entre las múltiples y generalistas medidas preventivas a implantar durante el desarrollo de las actividades de vialidad invernal y que, en su mayoría, son comunes al resto de medidas aplicadas en los diferentes trabajos de mantenimiento de la carretera, se considera interesante destacar las siguientes: Todos los equipos dispondrán de marcado CE o estarán puestos en conformidad según el RD 1215/97, declaración de conformidad y manual de instruccio-

nes. Estos equipos únicamente deben ser utilizados por personal autorizado y debidamente instruido, con una formación e información sobre los riesgos presentes adecuada por parte de organización.

Los tratamientos preventivos y curativos de vialidad invernal, realizados con camiones dotados de elemento de empuje y esparcidor de fundentes, deberán cumplir con las indicaciones de la monografía de Señalización Móvil de Obras publicada por el Ministerio de Fomento (ejemplos 4.1, 4.2, 54.3, 4.4 y 4.5). Para ello los conductores deberán haber recibido la formación adecuada.

Se dispondrá de todas las fichas de seguridad de los productos químicos utilizados como fundentes, con las que se determinarán las actividades preventivas y equipos de protección individual que se utilizarán durante su manipulación.

El conductor o conductores del camión se guiarán, en la calzada cubierta de nieve, por hitos de nieve, hitos de arista, si existen o por cualquier otro elemento orientador, evitando circular por el borde de la calzada pavimentada, para no volcar o quedarse atrapado en la cuneta con la nieve.

El conductor del camión quitanieves será una persona instruida en el manejo de estas máquinas, con los conocimientos que debe tener de los elementos incorporados así como del propio camión.

Será muy valorable la experiencia de los conductores, en cuanto a las características específicas de los tramos de carreteras a conservar, en relación a su trazado y condiciones particulares orográficas que influyan en cómo afecten a la calzada las condiciones meteorológicas (formación de placas de hielo, ventisqueros, etc.).

Los conductores de un camión quitanieves asumen una gran responsabilidad, por lo que deben estar aleccionados y preparados para no enfrentarse a riesgos que provoquen un accidente, tanto propio como del resto de usuarios de la vía. Por ello deben ser capaces de reaccionar maniobrando la máquina de la manera más adecuada ante cualquier imprevisto que suponga un riesgo.

Como queda de manifiesto, de entre todas las medidas preventivas, la información y sobre todo la formación de los conductores constituyen la herramienta básica para evitar un accidente laboral. En la actualidad, el aspecto fundamental que supone la formación en cuanto al manejo de camiones quitanieves en condiciones reales viene restringido por adquirir experiencia durante el desarrollo del propio trabajo. Por ello consideramos de sumo interés, y

de aplicación a la actividad formativa, el uso de simulador de máquinas quitanieves, que fuera de la época invernal puede ayudar a la capacitación profesional de los conductores de este tipo de equipos.

En cuanto a los equipos de protección individual se recomienda atender a las indicaciones que el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo tiene publicada una Nota Técnica de Prevención (NTP) dedicada a guantes y ropa de protección. Se centra en equipos contra el frío, en lo relativo a los requisitos exigibles como equipo de protección individual, y las normas armonizadas aplicables. Distingue entre ropa para ambientes no extremadamente fríos, de temperatura hasta  $-5^{\circ}\text{C}$ , y realmente fríos, por debajo de  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Dicha Nota Técnica incluye los trabajos de mantenimiento de carreteras entre las tipologías de trabajos al aire libre que se desarrollan en un entorno de bajas temperaturas, condiciones ante las cuales, las respuestas fisiológicas del organismo no son suficientes para combatir la pérdida de calor.

Existen dos normas armonizadas, que definen los requisitos y las características que deben cumplir estos tipos de ropa de protección:

- La norma UNE-EN 14058:2004 "Ropa de protección. Prendas para protección contra ambientes fríos", define las prendas de protección para su uso en ambientes no excesivamente fríos con temperaturas de hasta  $-5^{\circ}\text{C}$ .
- La norma UNE-EN 342:2004 "Ropas de protección. Conjuntos y prendas de protección contra el frío", define a los conjuntos y prendas de protección a usar en ambientes "realmente fríos" con temperaturas inferiores a  $-5^{\circ}\text{C}$ .

No incluyen cubrecabezas, calzado ni guantes para prevenir el enfriamiento local.

En función del tipo de trabajo y de las condiciones ambientales, en base a la norma UNE-EN 14058, se podrá seleccionar:

Una prenda de clase 1, 2 o 3 en base a su resistencia térmica, y opcionalmente, podrán requerirse unos valores mínimos de:

- Aislamiento térmico.
- Permeabilidad al aire.
- Resistencia a la penetración de agua y paso de vapor de agua.

Cuando las condiciones ambientales son extremas (condiciones realmente frías) y la protección ofre-

cida por prendas certificadas en base a la norma UNE-EN 14058:2004, resulta insuficiente, es necesario seleccionar ropa o prendas de protección certificadas en base a la norma UNE-EN 342:2004.

La norma UNE-EN 511:2006 "Guantes de protección contra el frío", especifica los requisitos y métodos de ensayo para los guantes que protegen contra el frío convectivo y conductivo hasta los  $-50^{\circ}\text{C}$ .

De cara a seleccionar la prenda o ropa de protección contra el frío más adecuada, de acuerdo con su uso previsto se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para la mayoría de las situaciones se recomienda el uso de prendas transpirables.
- Cuando menor sea la temperatura ambiental y mayor la velocidad del viento, de las condiciones de uso, menor debe ser la permeabilidad al aire que se requiera.
- Siempre que se prevea el uso de la prenda bajo condiciones de lluvia, es deseable que la ropa posea una última capa impermeable.
- El aislamiento térmico suele ser mayor conforme aumenta el grosor de los tejidos, pero reduce a su vez, la capacidad de movimiento y el confort de quien viste la prenda. Por ello, una sobreprotección o un aislamiento excesivo, puede provocar un sobrecalentamiento del usuario al no poder eliminar el exceso de calor, con efectos negativos sobre el mismo.





## MEDIO AMBIENTE

10.1.- Introducción.....	116	10.4.7.- Contaminación de ecosistemas naturales.....	121
10.2.- El medio ambiente.....	116	10.4.8.- Impacto visual.....	121
10.3.- Sistemas de gestión ambiental.....	117	10.5.- Oportunidades de mejora ambiental en la actividad.....	121
10.4.- Buenas prácticas en la ejecución.....	118	10.5.1. Ciclo de vida.....	121
10.4.1.- Consumo de agua.....	118	10.5.2. Eficiencia energética ISO 50001.....	123
10.4.2.- Consumo de energía.....	119	10.5.3. Economía circular.....	123
10.4.3.- Residuos generados.....	119	10.5.4. Huella de carbono.....	124
10.4.4.- Contaminación atmosférica.....	120		
10.4.5.- Contaminación acústica.....	120		
10.4.6.- Contaminación del suelo.....	120		



## 10.1.- INTRODUCCIÓN

Las operaciones de vialidad invernal no son especialmente agresivas para el medio ambiente, pero sí son susceptibles de mejora con la implantación de un sistema de gestión medioambiental.

Dicho sistema de gestión tiene como principal objetivo el preservar el medio ambiente. El cumplir con la normativa vigente al respecto, busca el garantizar el comportamiento de las empresas a nivel medioambiental y todo lo que está relacionado con ello, como pueda ser:

- ♦ Los recursos naturales
- ♦ Las emisiones contaminantes a la atmósfera
- ♦ La contaminación de ecosistemas naturales
- ♦ La contaminación acústica
- ♦ La contaminación de suelos
- ♦ El impacto visual

Es preciso tomar conciencia de la situación actual del planeta y promover una actividad más respetuosa con el medio ambiente, reduciendo los impactos negativos más evidentes. Hay que tener una clara voluntad de mejora basada en la utilización de una serie de prácticas de fácil aplicación que disminuyan dichas afecciones negativas.

Pero además de la concienciación, la aplicación de un sistema de gestión medioambiental presenta una serie de ventajas las cuales deben animarnos a llevarlo a cabo.

Ventajas vinculadas a la utilización de un sistema de gestión:

- ♦ Reducción de los riesgos medio ambientales
- ♦ Ahorro de recursos
- ♦ Ventajas financieras asociadas
- ♦ Cumplimiento de la legislación
- ♦ Concienciación de las personas que realizan dichas operaciones
- ♦ Imagen de las empresas que lo aplican
- ♦ Aumento de la confianza y la credibilidad por parte de las administraciones públicas
- ♦ Motivación a los empleados que participan en dichas operaciones
- ♦ Otra serie de ventajas las cuales animarían de una forma efectiva a su aplicación serían:
- ♦ Ahorro de materias primas y energía
- ♦ Aumento de la eficacia en los procesos productivos
- ♦ Mejora del control y la gestión
- ♦ Mejora en la asignación de recursos
- ♦ Disminución de la probabilidad de futuros costes, multas, indemnizaciones por incidentes medioambientales.

Esta concienciación de la que hemos hablado tiene muchos factores positivos que afectan directamente a la imagen de la administración o de la empresa encargada de hacer esta operación, su relación con terceros, es una mejora de competitividad notable y es una herramienta de marketing ecológico.

El impacto ambiental más importante de la vialidad invernal es el que sufre el ecosistema próximo a las vías de comunicación. Por una parte, el daño se produce como consecuencia del residuo salino, que permanece en la zona tratada o es arrastrado por la lluvia hasta los cauces fluviales o los acuíferos. Por otra parte, existe una afección directa a las especies vegetales, como consecuencia de la aplicación de sal o salmuera, que afecta a los individuos vivos tanto a corto como a medio plazo, o por el desplazamiento de nieve que realizan las máquinas quitanieves. Un exceso de fundentes producirá una contaminación innecesaria.

Bien es cierto que cada vez más, la sociedad rechaza aquellas actividades poco respetuosas con el medio ambiente y es por ello que las empresas y administraciones empiezan a tomar medidas para desarrollar actividades más sostenibles. Este aspecto unido al aumento de la "publicidad" negativa y la presión legislativa, hacen que se impulse la implantación de sistemas de gestión medioambiental en las empresas, que garantizan la reducción de los impactos ambientales asociados mediante la minimización de la dotaciones empleadas, la medición de la salinidad en calzada o el empleo de salmueras en lugar de sal seca o humificada.

## 10.2.- EL MEDIO AMBIENTE

Hay numerosos factores que afectan a la gestión de las operaciones de vialidad invernal y son de muy diferentes índoles, pero en este apartado nos vamos a centrar desde un punto de vista medioambiental. Si prestamos atención a estos criterios, la concepción que se tiene a nivel mundial en la repercusión sobre dichos trabajos es muy diferente según cada país. Algunos países entienden que el medio ambiente es el aspecto entre los más prioritarios y por ello solo deben utilizarse fundentes en los casos necesarios y de forma eficaz. Por otra parte el nivel de servicio que se tenga establecido afecta a la cantidad de fundente utilizado.

En nuestro país, dado que no cohabitamos con la nieve como lo hacen otros países, el grado de exigencia por parte de las administraciones, los niveles de servicio establecidos, las demandas de los usuarios por otra parte y por último, la presión de los medios de comunicación hacen que el grado de

exigencia sea muy alto y sea necesario actuar en el menor tiempo posible.

Por otra parte la concepción de circular por "carreteras en negro" es a lo que se está acostumbrado a diferencia de otros países cuyas condiciones ambientales son mucho más severas, pero donde el respeto por el medio ambiente y la concepción de "carreteras en blanco" hacen reducir la cantidad total utilizada. Por otra parte, también esto se hace posible por una utilización de neumáticos de invierno mucho más extendida en esos países ya que los períodos de vialidad invernal son más duraderos.

Sin embargo los trabajos de vialidad invernal generan unos impactos y el reducir la cantidad de fundentes y por tanto de los impactos asociados debe ser una prioridad para todos los países, independientemente de la cantidad y naturaleza del fundente utilizado. Esto está muy relacionado con la concienciación del cambio y alteración de los componentes naturales que se está produciendo en la actualidad.

Los impactos ambientales son muy diversos pero están muy relacionados entre sí y afectan a todos los componentes del medio, a saber, agua, suelo, flora, fauna, aire, cultivos, e incluso a la economía y a la salud humana. El remediar los impactos que se producen sobre estos elementos del medio es una acción que cada vez se tiene más en cuenta (hace años se utilizaban los fundentes sin conocer sus impactos, utilizándolos de forma intuitiva y en exceso. Ahora las nuevas tecnologías, sistemas de extensión selectivos y automatizados, predicciones meteorológicas, hacen que los consumos de fundentes sean menos perjudiciales con el medio ambiente ya que la cantidad utilizada está mucho más optimizada.

Desde la extracción y transformación de la materia prima, donde ya se está contribuyendo al cambio climático, hasta el uso de fundentes que afecta directamente sobre todos los elementos del medio, se están realizando una serie de impactos que deben considerarse.

La búsqueda del desarrollo sostenible y la lucha contra el cambio climático justifican la necesidad de fomentar e impulsar la aplicación de buenas prácticas para conseguir la minimización de las afecciones al entorno natural, la eficiencia en el uso de los recursos y la aplicación de correctos procedimientos de gestión de residuos.

De esta forma, considerando los impactos asociados se procederá a:

- Ajustar las cantidades de fundentes usados en función de las necesidades del momento y de la importancia de la vía.
- Determinar cuándo realizar los tratamientos preventivos, y con qué frecuencia.
- Potenciar la utilización de GLP (gas licuado de petróleo) en los camiones.
- Utilización de la tecnología disponible para mejorar la eficacia y eficiencia de los trabajos.
- Adecuada cualificación, formación y sensibilización de los trabajadores.
- Realizar los trabajos de forma respetuosa con el medio ambiente adoptando medidas de protección frente al medio ambiente.
- Reducir la huella de carbono.

### 10.3.- SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

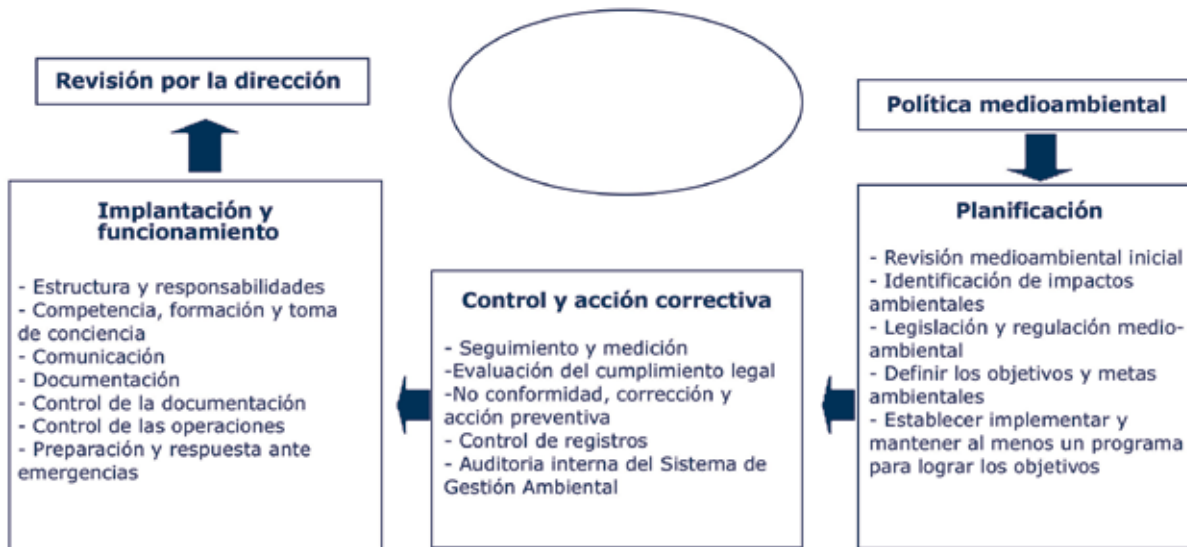
Debido a un aumento de las exigencias ambientales como consecuencia de la necesidad de poner remedio a los daños sobre el medio que se están produciendo a nivel global, resulta imprescindible el uso de herramientas que integren el medio ambiente en la gestión global. Un sistema de gestión ambiental establece una serie de pautas que identifican las formas correctas de actuación que permitan conseguir un desarrollo sostenible, es decir conseguir un equilibrio adecuado para el desarrollo económico, crecimiento de la población, uso racional de los recursos y protección y conservación del medio ambiente.

Un sistema de gestión ambiental (SGA), es por tanto un método que aporta la base para encauzar, medir y evaluar el funcionamiento de una actividad y sus trabajos asociados, de una manera consecuente con la reglamentación medioambiental aplicable y la política.

En España existen en la actualidad dos estándares de referencia que marcan los requisitos que debe de cumplir un SGA para ser certificable:

- ♦ UNE-EN ISO 14001
- ♦ REGLAMENTO (CE) Nº 1221/2009. EMAS

La implantación de un sistema de gestión ambiental ofrece la posibilidad de sistematizar, de manera sencilla, los aspectos ambientales de los trabajos que se desarrollen para la vialidad invernal, además de promover la protección ambiental y la preven-



Modelo de un Sistema de Gestión Ambiental en base a la Norma ISO 14001

ción de la contaminación teniendo en cuenta a su vez los aspectos socioeconómicos.

A su vez con la implementación de sistemas de gestión ambiental, se conseguirá avanzar hacia estrategias como la ecoeficiencia, el cambio climático, etc.

El sistema de gestión ambiental es un medio que garantizará la responsabilidad ambiental de la entidad que lo acredita, de forma que se está optimizando la gestión y aprovechamiento de recursos y residuos, disminuyendo los impactos ambientales negativo y mejorando las características económicas de la actividad mediante una optimización de los costos.

Los objetivos principales de un SGA son:

- Identificar los efectos ambientales que los trabajos y productos de una actividad generan sobre el medio ambiente.
- Identificar los impactos que se pueden producir sobre los elementos del medio como consecuencia de un mal funcionamiento de los trabajos, o por accidentes que puedan por ejemplo derramar productos sobre el medio.
- Reunir la normativa y política correspondiente identificando los requerimientos necesarios a cumplir.
- Identificar y definir los objetivos y metas medioambientales.
- Realizar un control de los procesos para que se cumpla la política y la normativa.

- Corrección y prevención de las desviaciones o incidencias que se puedan producir.

#### 10.4.- BUENAS PRÁCTICAS EN LA EJECUCIÓN

Para alcanzar la mejora ambiental del proceso, el primer objetivo es reducir los impactos generados a todos sus niveles. A continuación se presenta un esquema que recoge el análisis de los principales impactos asociados a la actividad y una serie de buenas prácticas cuya aplicación garantiza la disminución del daño ambiental.

##### 10.4.1.- CONSUMO DE AGUA

El consumo de agua en las operaciones de viabilidad invernal, es importante teniendo en cuenta el volumen total consumido en el resto de actividades de conservación. Por ello se deben tomar medidas que permitan el ahorro. Bien es cierto que el agua utilizada para la fabricación de salmuera es, en sí misma, una práctica que reduce la afección al medio de las operaciones de viabilidad invernal, al reducir la cantidad extendida de fundentes.

Así mismo se produce un importante consumo de agua en la necesaria limpieza de los equipos de viabilidad invernal tras la realización de una operación preventiva o curativa.

Con la intención de minimizar el consumo de agua se plantea:

- Fabricar únicamente la cantidad de salmuera que se vaya a utilizar.
- Cerrar la llave del agua inmediatamente después de su uso, para evitar pérdidas.

- Utilizar, siempre que sea posible, agua regenerada para la limpieza de vehículos.
- Utilizar túneles de lavado para la limpieza de vehículos.

#### 10.4.2.- CONSUMO DE ENERGÍA

Todas las actividades de vialidad invernal llevan asociado un consumo de energía. En general la fuente principal utilizada es el petróleo. La afección más importante se produce por la quema de combustible en los vehículos. Este proceso genera gases contaminantes que se acumulan en la atmósfera produciendo grandes problemas ambientales como el efecto invernadero, el calentamiento global que contribuyen al cambio climático, etc.

Respecto al consumo de combustible, la reducción de este impacto se puede alcanzar a través de dos líneas de mejora:

- Disminuir el número de kilómetros realizados, controlando y reduciendo los desplazamientos innecesarios (GPS): optimizar los traslados de la materia prima, diseñar el tamaño de los almacenes, determinar la mejor ubicación de los acopios temporales, definir la capacidad necesaria de cada vehículo y la situación de carga en cada caso, son algunos de los condicionantes que permitirán afrontar los posibles temporales con el menor desplazamiento de vehículos.
- Aumentar el rendimiento de los vehículos, reduciendo el consumo relativo por km: llevando a la práctica medidas de conducción eficiente, como por ejemplo, utilizar las marchas de forma adecuada, controlar la presión en los neumáticos, utilizar el climatizador de forma racional, conducir de forma regular con el mínimo de acelerones y frenazos, realizar un mantenimiento adecuado del vehículo, apagar los motores durante los periodos largos de espera, etc.
- Utilizar GLP en los vehículos de mayor consumo: usar este tipo de carburantes ayuda a disminuir su consumo, así como frenar el impacto y contaminación en el medio ambiente.

También hay que considerar el consumo de electricidad necesario para la fabricación de la salmuera. Este consumo es relativamente pequeño, pero aun así se pueden tener en cuenta medidas como la utilización de equipos eficientes, alimentados mediante energías renovables.

#### 10.4.3.- RESIDUOS GENERADOS

Los principales residuos generados durante esta operación son los resultantes del mantenimiento de los vehículos, los sobrantes de sal y salmuera que han perdido características, los que se generan por el desgaste de consumibles y los envases y embalajes de distintos materiales.

Una gestión correcta es sencilla, simplemente separar y tratar los residuos adecuadamente, contratando un gestor autorizado, que realice las operaciones de valorización y/o eliminación, según la tipología del mismo (peligrosos, metálicos, no peligrosos, especiales, etc.).

Son medidas que minimizan la generación de residuos en la actividad:

- Intentar usar maquinaria de acero inoxidable. Necesitan menos mantenimiento y menos limpieza, contaminando y dañando menos al vehículo.
- Cuidar minuciosamente los vehículos de vialidad invernal. La sal y la salmuera son fundentes muy corrosivos con los metales y tiene un efecto perjudicial sobre los vehículos. Un mantenimiento, lavado cuidadoso e incluso repintado de los elementos que puedan quedar afectados, alargará la vida útil de los mismos, reduciendo así los residuos generados como consecuencia de averías y cambios de equipos. Existen en el mercado elementos de protección para la carrocería frente a la corrosión, que pueden ayudar en este cuidado.
- Evitar que la sal pierda sus características y pueda llegar a convertirse en un residuo, garantizando un almacenamiento protegido de las inclemencias del tiempo, normalmente sobre solera de hormigón, bajo cubierta y alejado de las fuentes de humedad. Además de utilizar anti apelmazantes, procesar la sal para garantizar la granulometría adecuada durante el periodo que permanezca almacenada. Una vez finalizada la campaña, de volver la sal de los silos al acopio principal para evitar que se pierdan las características.
- Realizar un plan de mantenimiento eficaz que aumente la durabilidad de los equipos.
- Incluso reutilizar las sacas *big-bag* de sal para el transporte de cualquier otro material.
- Respecto a la utilización de las cuchillas, controlar que el desgaste de las mismas sea uniforme,

para optimizar su vida útil; o bien, utilizar cuchillas de larga duración.

#### 10.4.4.- CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La combustión producida por el movimiento de la maquinaria genera emisiones que van a la atmósfera en forma de gases o de partículas (polvo en suspensión) que alteran la composición natural de ésta, produciendo grandes problemas ambientales como el efecto invernadero, el calentamiento global o el cambio climático.

Para alcanzar una reducción en este impacto, las medidas propuestas están ligadas a la reducción del consumo de combustibles. Estas medidas se han planteado en el apartado 2.2. Consumo de energía, debiendo hacer especial hincapié en un plan de mantenimiento eficaz que garantice menos emisiones a la atmósfera, menos ruidosos e incluso consumos más optimizados.

Es fundamental tomar las siguientes medidas de gestión ambiental:

- Realizar el transporte de la sal en camiones cubiertos por una lona para controlar las emisiones de partículas a la atmósfera. Además descargar el producto de una forma cuidadosa desde una altura moderada, para evitar el mismo impacto.
- Comprobar la documentación técnica de los vehículos y asegurar un adecuado mantenimiento preventivo y correctivo para limitar las emisiones de contaminantes.
- Garantizar que los vehículos realizan correctamente la combustión, ya que de no ser así, los gases generados contendrán una mayor cantidad de contaminantes.
- Instalación de filtros en el respiradero de los silos.
- Sustitución de los combustibles por biocombustibles (GLP).

#### 10.4.5.- CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Fundamentalmente los ruidos en los trabajos de viabilidad invernal están ligados al funcionamiento de los vehículos. La legislación española regula el número máximo de decibelios que pueden emitir los vehículos y las máquinas según su tipología. Los aspectos a tener en cuenta para controlar este impacto son:

- Garantizar a través de la documentación técnica (declaración de conformidad, marcado CE, ITV,

etc.) que las emisiones de ruido están dentro de lo establecido por la ley.

- Realizar un mantenimiento correctivo y preventivo adecuado, para limitar el aumento de las emisiones sonoras de los vehículos con el paso del tiempo.
- Utilizar materiales sonorreductores, por ejemplo en las cuchillas, que limiten el ruido producido durante el arrastre de nieve. Siempre teniendo en cuenta que las hojas y las cuñas deben cumplir su función, expulsando la nieve lo más posible de la calzada, evitando que vuelva a obstruirla.
- Potenciar el uso de vehículos con bajos niveles sonoros.

#### 10.4.6.- CONTAMINACIÓN DEL SUELO

Las posibles zonas sensibles donde puede haber concentración de fundentes en los suelos son las zonas de acopio, las zonas de almacenamiento y fabricación de salmuera, las zonas donde se realicen las cargas y descargas de los camiones.

Una parte de los compuestos que se almacenan en las zonas próximas a las vías, penetran y se infiltran verticalmente en el suelo mientras que otros son transportados horizontalmente. Es aquí cuando empiezan a afectar factores como la pendiente, las condiciones de drenaje, la permeabilidad y otras características de los suelos que determinan la preponderancia de unos procesos u otros.

Cuando los fundentes se filtran en el terreno, una de sus consecuencias es que forman complejos con los metales pesados del suelo aumentando su movilidad. Al aumentar la movilidad de estos metales, es más fácil que se unan a las aguas subterráneas produciendo una contaminación de estas y pudiendo contaminar acuíferos. A su vez el aumento de la movilidad de los componentes implica una menor retención del agua que hace que indirectamente aumente la erosión debido a una menor disposición hídrica para el crecimiento de las plantas.

Una serie de prácticas a considerar para reducir los impactos son:

- Realizar las operaciones de carga y descarga sobre zonas impermeables evitando que los materiales puedan contaminar el suelo, y con sistemas de recogida de posibles vertidos.
- Las zonas de almacenamiento de fundentes tienen que estar impermeabilizadas.

- Utilizar instalaciones específicas y acondicionadas en las plantas de producción de salmuera con soleras impermeabilizadas para evitar contaminar los suelos. Y con sistema de recogida de vertidos.
- Extender la cantidad justa de fundentes utilizando unos equipos calibrados, y circulando a la velocidad adecuada, para que la cantidad acumulada en bermas y cunetas sea la mínima posible.
- Utilización de salmuera en los tratamientos preventivos ya que contienen menos cantidad de sal, y el residuo que cae en la calzada se queda en la misma, evitando la acumulación en los márgenes de la vía.
- Valorar la instalación de piscinas de evapotranspiración en zonas de almacenamiento, en zonas de carga y descarga, y en la zona de lavado de vehículos que recojan el material derramado durante estas operaciones, evitando que el producto llegue al terreno.

#### 10.4.7.- CONTAMINACIÓN DE ECOSISTEMAS NATURALES

Las márgenes de las carreteras son el nexo de unión entre la infraestructura viaria y el medio natural. Son grandes extensiones de terreno donde se desarrollan especies vegetales de forma natural e introducida. Esta superficie es la que recoge primeramente los impactos que el tráfico rodado y los trabajos propios de conservación llevan aparejados y sus mayores efectos se producen en una banda de 10 m, aunque su influencia puede mayor.

El deterioro producido por las labores de vialidad invernal está directamente ligado a la contaminación de suelos y del agua principalmente por el extendido de sal y salmuera. Un exceso de fundentes producirá una contaminación innecesaria, afectando además a la fauna y flora colindante a la zona tratada, y a la situada aguas abajo.

A su vez en los impactos sobre el medio ambiente influyen diferentes valores como por ejemplo la pendiente, de forma que a mayor pendiente se mejora la circulación del agua, o la precipitación que cuando es abundante (en forma de nieve y de lluvia) disminuye o evita el impacto ambiental, como consecuencia del lavado.

#### 10.4.8.- IMPACTO VISUAL

La conservación y mantenimiento de carreteras mediante tratamientos de vialidad invernal supone

una serie de impactos visuales sobre las personas, si bien este impacto es el menos significativo de todos los tratados puesto que no se puede valorar en términos absolutos y frecuentemente atiende a consideraciones de tipo subjetivo.

Estos impactos pueden estar relacionados directamente con las acciones que se realizan en dichos tratamientos de conservación como la creación de infraestructuras necesarias para el almacenamiento de materiales en silos o naves, o relacionados de forma indirecta con los trabajos de vialidad invernal. Estos impactos indirectos son todos los vinculados a los impactos mencionados anteriormente como podría ser daños observables en la vegetación más cercana a la vía provocados por un exceso de fundente, el impacto visual de la contaminación como consecuencia de partículas emitidas a la atmósfera, etc.

Estos efectos visuales negativos son difíciles de solventar puesto que muchos de ellos son directos de la realización de los trabajos aunque sea de forma efectiva y la única manera de evitarlos sería la no realización de ninguna actividad. Sin embargo el cumplir una serie de buenas prácticas ayudará a reducirlos, como pudieran ser:

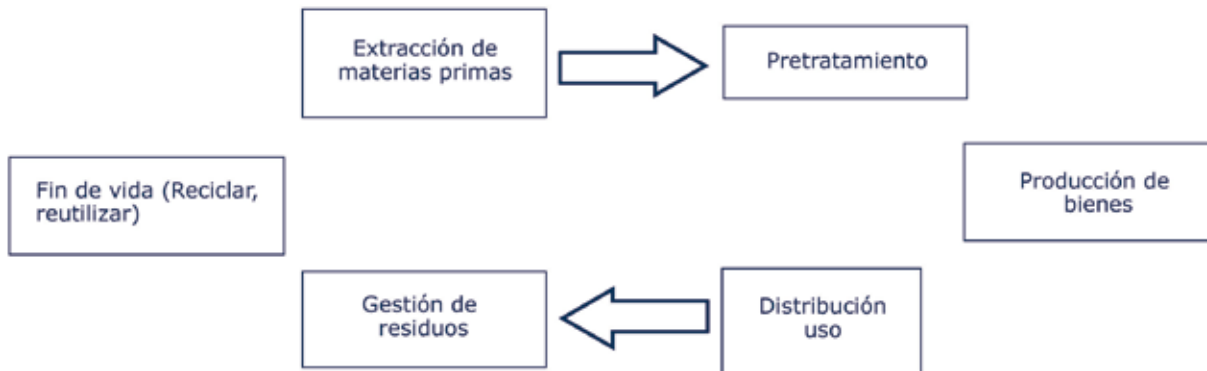
- Realizar las buenas prácticas descritas en los epígrafes anteriores para reducir los impactos visuales que llevan asociados de forma indirecta.
- Elegir la ubicación para las infraestructuras que produzca menor impacto visual.
- Elegir una ubicación que no afecte a espacios protegidos: vías pecuarias, ZEPA, LIC u otros.
- Integrar visualmente las instalaciones en el entorno.

### 10.5.- OPORTUNIDADES DE MEJORA AMBIENTAL EN LA ACTIVIDAD

#### 10.5.1. CICLO DE VIDA

La utilización del análisis del ciclo de vida está basado en la utilización de una serie de normas que desarrolló la *Internacional Standard Organization* (ISO) y que pertenecen a la familia de gestión ambiental ISO 14000.

La actividad de la vialidad invernal, como tantas otras, no deja de ser un proceso en el cual se utilizan una serie de materias primas, las cuales se transforman (como pueda ser la salmuera), se transportan y se aplican, y en dicho ciclo, se producen residuos y emisiones.



Esquema de las etapas analizadas en el proceso de Análisis del Ciclo de Vida

De forma instintiva las organizaciones se centran en los procesos principales como son los costos (tanto de mano de obra, como de maquinaria y materias primas), el resto de elementos se valoran poco). Esto hace que si no se tiene la necesidad, no se llegue a profundizar en aspectos que antes ni si quiera se planteaban como pudiese ser la reutilización y el reciclaje.

Pese a ello mediante la realización del balance ambiental o evaluación del ciclo de vida, se pueden evaluar y analizar los impactos generados por un producto o una actividad, desde sus primeras etapas de extracción hasta las finales, midiendo el impacto ambiental generado, y pudiendo desarrollar medidas que permitan mejorar tanto ambientalmente como económicamente.

A continuación se va a hacer una adaptación del análisis del ciclo de vida de la viabilidad inercial, identificando todos los elementos que intervienen y estableciendo unas posibles oportunidades de mejora que supongan una reducción de costos, contemplar aspectos que no dañen al medio ambiente y que ayude a la mejora de la calidad de vida de las generaciones futuras.

Análisis del ciclo de vida en viabilidad inercial.

Todo proceso de transformación de un producto, transporte y aplicación (en este caso la aplicación del fundente), va a requerir materias primas por una parte, recursos en el proceso, como pueda ser energía, combustibles fósiles, agua,... estos serían "entradas", y por otra parte tendríamos los residuos, los gases de efecto invernadero generados, que son las "salidas".

La evaluación del ciclo de vida va a servir para analizar los impactos generados en todos estos procesos desde las entradas, hasta las salidas, aportándonos información de dichos impactos, y pudiendo establecer en consecuencia medidas que sirvan no solo para minimizar impactos sino también para mejorar la eficiencia operativa y por tanto reducir los costos.

**PRODUCTO**

Las fases principales en el procedimiento de evaluación del ciclo de vida son:

- Marco: definir el objetivo y alcance al que se quiere llegar en la evaluación.
- Realización de un "inventario", en el que se analizarán según el alcance definido, cuales son los



datos que hay que considerar. Se deberán recopilar datos de todos los procesos desarrollados (fuentes de energía, transporte, tratamiento de residuos, consumos, emisiones generadas, etc.).

- Evaluación del impacto: se establece como se va a analizar el impacto.
- Interpretación de resultados, analizando posibles propuestas de mejoras.

Determinación del alcance y profundidad del estudio.

## INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS Y DE LA INFORMACIÓN

Inventario de datos e información

Valoración de impactos medioambientales

Una vez interpretados los resultados, se procederá a valorar los datos, estableciendo las medidas necesarias, para reducir los impactos ambientales, y estableciendo unas oportunidades de mejora.

El contemplar o reconsiderar la reutilización o reciclaje, sería una medida que ayudaría a reducir los impactos medioambientales de las operaciones de viabilidad invernal. Bien es sabido que el consumo de agua es una materia prima primordial ya que se utiliza para la fabricación de salmuera y para lavar los vehículos e instalaciones. Pues bien, la reutilización o aprovechamiento del agua de lluvia podría ser una mejora muy útil, instalando aljibes o depósitos de recogida de la lluvia. Las medidas a implantar son múltiples y son aplicables todas las mencionadas anteriormente respecto a cada impacto generado.

Las medidas de reutilización, reciclaje y gestión de los productos o residuos finales están muy relacionadas con el término economía circular, por el hecho de cerrar el proceso de utilización de la materia prima de forma que cuando es una salida de una actividad se pueda convertir en una entrada o materia prima secundaria de otra actividad. Este aspecto será visto más adelante.

### 10.5.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA ISO 50001

El consumo de energía que se está registrando en las últimas décadas en todo el mundo y en especial en los países en vías de desarrollo, ha llevado a considerar la eficiencia energética en el desarrollo de cualquier actividad. El reducir los impactos ambientales, usar energías renovables, reducir el consumo de combustibles fósiles y optimizar los recursos

y las actividades son objetivos prioritarios que se plantean en la actualidad.

Mediante la eficiencia energética se mantendrán los mismos servicios o prestaciones reduciendo el consumo total de energía, mediante su optimización, de forma que disminuye el impacto producido sobre el medio ambiente, aparte de aumentar la competitividad y la sostenibilidad.

Como ya hemos visto anteriormente los trabajos de viabilidad invernal generan impactos como consecuencia del uso de energía. El hablar de Eficiencia Energética en el sector, implica una reducción de los impactos, apostando por el ahorro energético, mediante la supresión de los gastos innecesarios, la mejora de la eficiencia de los trabajos y las tecnologías utilizadas y apostando por la utilización de energías renovables. De esta forma no solo se disminuye el consumo de energía si no que con su mejor gestión, se disminuyen los costos y se mejora la competitividad.

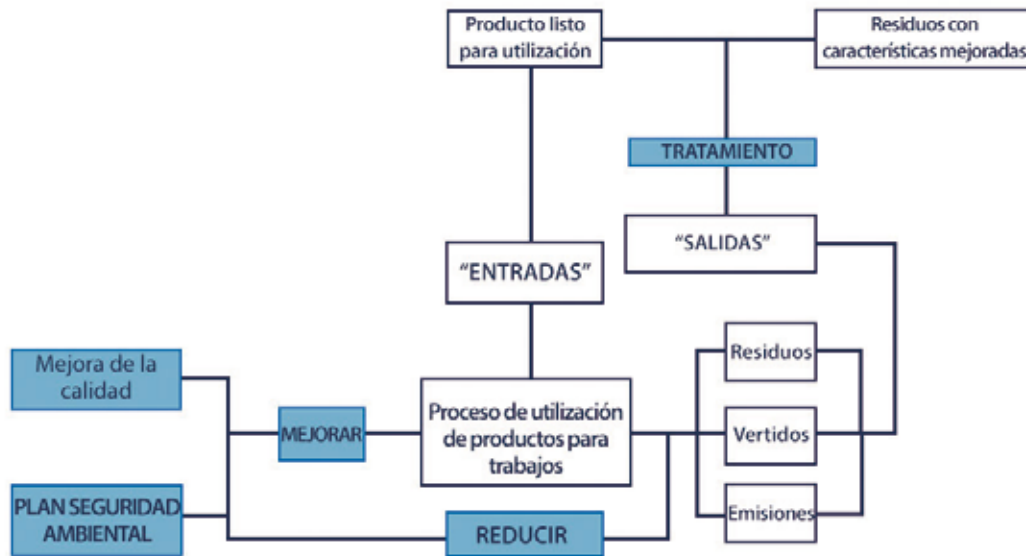
Al igual que se hablaba anteriormente de sistema de gestión ambiental, se puede hablar de sistema de gestión energética, donde se sigue la misma estructura y procedimiento, pero en este caso la normativa condicionante es la norma UNE-EN ISO 50001:2011 que establece los requisitos que debe poseer un Sistema de Gestión Energética, con el fin de conseguir una mejora continua y sistemática del rendimiento energético.

La eficiencia energética aplica medidas (ya mencionadas en el epígrafe 10.4 que permiten la mejora de la eficiencia y disminuyendo el impacto negativo generado por la actividad.

### 10.5.3.- ECONOMÍA CIRCULAR

Relacionado con lo comentado respecto a la eficiencia energética viene ligado el término economía circular, puesto que este término se puede definir como una economía eficiente en el uso de los recursos, de forma que se aúnan los términos economía y medio ambiente.

Debido a la importancia que tiene La economía circular, es una iniciativa que forma parte de la estrategia Europa 2020. Con ello se pretende realizar un cambio hacia una economía eficiente en el uso de los recursos, bajar los niveles de emisiones de carbono luchando contra el cambio climático, de forma que se mejoren los costos al tiempo que se reduce el uso de recursos, manteniendo la seguridad del suministro.



Esquema ilustrativo del término economía circular

La economía circular se incluye dentro del término desarrollo sostenible como sustitución de la economía lineal, y consiste en “cerrar el ciclo de vida” de la energía, los productos, los servicios, los residuos, los materiales y el agua, integrando los impactos ambientales, de forma que se minimice el desperdicio de materias primas mediante la reducción, el reciclado y la reutilización de dichos elementos. Los residuos de una actividad o una parte de ellos pueden servir como materias primas secundarias, de forma que se minimiza la utilización de una nueva materia y se logra evitar el agotamiento de los recursos naturales.

Respecto de los materiales que no puedan ser directamente reutilizados para otra actividad, se realiza una valorización de todos los residuos, de forma que se realice un tratamiento sobre ellos que permita transformarlos y de esta forma puedan volver a ser útiles.

#### 10.5.4. HUELLA DE CARBONO

En los últimos años, el cambio climático que estamos padeciendo es directamente atribuible a la acción del ser humano. Cualquier actividad, producto que se fabrica, o servicio que se realiza provoca emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera. Todo esto está produciendo un calentamiento del planeta y poco a poco se va teniendo conciencia del daño producido.

La Huella de Carbono es un indicador de sostenibilidad ambiental que cuantifica las emisiones directas e indirectas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros GEI (Gases de efecto invernadero) expulsados a la atmósfera como resultado de una actividad. Los resultados se expresan en unidades de masa (kilogra-

mos de CO<sub>2</sub> equivalente), e identifica las fuentes del servicio. De esta forma, su fácil comprensión y manejo permite identificar los aspectos más problemáticos, definir nuevos objetivos, establecer políticas de reducciones más efectivas e iniciativas de ahorros de costos mejor dirigidas, todo ello como consecuencia de un mejor conocimiento de los puntos críticos.

Las empresas y administraciones que realizan operaciones de viabilidad inercial pueden contribuir de forma determinante a reducir el impacto en el cambio climático, llevando a cabo medidas que ayuden a reducir los costos, mejoren la productividad y disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), mejorando la sostenibilidad del servicio. El objetivo fundamental de este indicador es ser una herramienta que sirva para incorporar nuevos criterios ambientales y de sostenibilidad en la toma de decisiones.

Para el cálculo de la huella de carbono en el sector se establecen los puntos a tratar:

- **DESARROLLO DEL MAPA DE PROCESOS:** Lo primero es identificar las fuentes de emisión de GEI. A continuación se desarrolla un mapa de procesos relacionados con la actividad.
- **DEFINICIÓN DEL ALCANCE:** Todos los elementos que intervienen en la viabilidad inercial desde su origen hasta la aplicación final podrían ser contemplados a la hora de calcular la huella de carbono. Hay que priorizar las fuentes de emisión más significativas, y definir hasta que alcance se pretende llegar. Se contemplan los siguientes:

Alcance 1: fuentes directas de propiedad o controladas por la compañía, incluyendo fuentes de combustión fijas y equipos móviles de propiedad o controlados por la empresa. En particular el consumo de combustible de los vehículos en las operaciones de tratamientos curativos y preventivos.

Alcance 2: fuentes indirectas originadas por el consumo de electricidad. Es este caso la electricidad consumida en la fabricación de salmuera, focos de iluminación en las zonas de trabajo, etc.

Alcance 3: otras fuentes indirectas derivadas de las actividades de la compañía. Dentro de este alcance se encontraría el proceso de extracción de fundentes, el transporte hasta los centros de almacenaje, por otra parte, la fabricación de los vehículos que se utilizan y sus equipos de trabajo (Ej. las cuchillas de los quitanieves, extendedores de sal y salmuera,...).

### RECOPIACIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS: ELABORACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES

Para el cálculo de la Huella de carbono, es necesario contabilizar tanto el consumo de combustible (Gasoil, gasolina, etc.) como el consumo de energía eléctrica. De esta forma estaríamos llegando hasta el alcance 2.

El inventario de emisiones, con el fin de ser exclusivo de todo lo relacionado con la vialidad invernal, se hará en los meses que dure dicho período, con los vehículos que tengan una dedicación exclusiva a dicha campaña. Es importante identificar del tipo de vehículo y tipo de combustible, y aunque el grueso principal se lo llevan los camiones en las operaciones de extendido de fundentes. Por otra parte se contempla los consumos de maquinaria auxiliar para carga de fundentes, turbofresas, y vehículos de apoyo para prestar el servicio, como todo terrenos, furgones, etc...

Los consumos de electricidad, en comparación con los consumos de combustible del alcance 1, podrían ser despreciables ya que se supone que son muy inferiores a priori, pero con el fin de obtener un dato fiable, y lo más real posible, se toma en consideración en el alcance 2.

Otros datos a incluir y poder relativizar los resultados serían los kilómetros tratados tanto en los tratamientos preventivos como en los curativos. Al igual, los litros de salmuera fabricados son necesario asociarlos a los kWh de electricidad consumidos en su fabricación.

### CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO:

Para determinar la Huella de Carbono se utiliza una Calculadora de la Huella de Carbono la cual se alimenta de los datos aportados de consumos de combustible y de electricidad consumida con el fin de poder transformarlos y obtener un único resultado. De esta forma, y con los datos de Emisiones (Kg CO<sub>2</sub> equivalente) de combustible y electricidad, la calculadora opera los términos y nos ofrece el total de CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera en forma de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> (teq CO<sub>2</sub>).

Los valores absolutos de huella de carbono únicamente indican las emisiones generadas en la zona, pero no nos permiten la comparación entre sectores.

Para obtener la huella de carbono por sectores de conservación, hay que relativizar los datos, de forma que se utilicen indicadores que tengan en cuenta los tratamientos realizados en cada zona analizada. Hay que mencionar que la unidad de tratamiento para el cálculo de la huella de carbono es un sector determinado. ¿Por qué? Desde ese centro de conservación en cuestión, es de donde parten los vehículos, se calculan las rutas con los kilómetros tratados, mediante sistemas de localización de GPS y se cuenta con la ubicación de los almacenes de fundentes. De esta forma se obtiene la huella de carbono para cada sector respecto a las tn de sal y los litros de salmuera consumidos en ese sector. El indicador que se utiliza para el cálculo de la huella de carbono es: HUELLA DE CARBONO del sector/ Km TRATADOS \* 100 en el sector.

Los valores altos del indicador se pueden analizar cómo:

- La orografía del terreno hace que el consumo de combustible aumente para tratar el mismo número de km. Esto se da en sectores que tengan varios puertos de montaña. Este indicador será más bajo en sectores relativamente llanos.
- La organización de las rutas en función de donde esté el centro de conservación y donde se encuentren los puntos de carga de fundentes (silos, almacenes de fundentes,...). Esto en algunas ocasiones hace que existan recorridos en vacío inevitables pero significativos.
- Tipología del sector. Varía el que sea un sector con carreteras tipo autovía a sectores con carreteras convencionales a la hora de organizar las rutas.



### PROPUESTA DE ACTUACIONES PARA LA REDUCCIÓN DE LA HC

El cálculo de la huella de carbono es el primer hito, y es la base para poner en práctica una serie de medidas, las cuales contribuyan a la reducción de dicha huella.

Como medidas directas estarían las siguientes:

- Sistema de control de combustible.
- Medidas de mejora para realización de una conducción eficiente.
- Reducción de km. realizados. Optimización de rutas.
- Gestión de la maquinaria y vehículos.
- Calibración de equipos de extendido de sal y salmuera.
- Políticas de formación e información.
- Sistema de ayuda a la toma de decisiones con predicciones meteorológicas más precisas.
- Aumento de la durabilidad de la maquinaria (acero Inox.) y de los materiales.
- Sistema de incentivos para aumentar la motivación y concienciación de los operarios.