



XII JORNADAS DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

EFICIENCIA EN VIALIDAD INVERNAL

**SISTEMA DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES EN LOS TRABAJOS PARA EL
MANTENIMIENTO DE LA VIALIDAD INVERNAL**

MADRID, 10 y 11 DE NOVIEMBRE DE 2010

**José Carlos Valdecantos Álvarez
Delegado Zona Norte ALVAC
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos**

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- ANTECEDENTES

Actualmente es habitual el empleo de sistemas de ayuda a la toma de decisiones en las distintas actuaciones que conforman los trabajos de conservación de infraestructuras (sistemas de gestión para la conservación de firmes, para la conservación de puentes y estructuras, etc.). Recientemente se han desarrollado este tipo de sistemas en relación con los trabajos para el mantenimiento de la vialidad invernal, (MDSS), con el objetivo de ayudar a los responsables en la toma de decisiones en la ejecución de este tipo de trabajos. El MDSS (Maintenance Decision Support System), es una herramienta de ayuda a la toma de decisiones que integra la información sobre el pronóstico del tiempo, el estado del pavimento y los recursos disponibles, para suministrar al personal encargado de la conservación recomendaciones sobre las estrategias a llevar a cabo para el mantenimiento de la vialidad invernal.

Existen distintos modelos de MDSS, desde modelos desarrollados por organismos públicos en países como EE.UU. o Japón por el Civil Engineering Research Institute for Cold Region (CERI) a productos comerciales (Boschung, DTN, etc..)

De los distintos sistemas existentes el más aceptado mundialmente en la actualidad es el desarrollado por el National Center for Atmospheric Research (NCAR) y auspiciado por la Federal Highway Administration (FHWA) en EE.UU.

Actualmente, las estrategias de mantenimiento invernal se recogen en los denominados Planes Operativos de Vialidad Invernal de cada sector, que contemplan, en función de las predicciones meteorológicas y los medios de los que se dispone, las actuaciones a llevar a cabo para intentar dotar a las carreteras del mayor nivel de movilidad y seguridad posibles.

Los sistemas de ayuda a la toma de decisiones en los trabajos para el mantenimiento de vialidad invernal persiguen gestionar toda la información que se genera, pronósticos meteorológicos, estado del pavimento, condiciones meteorológicas ambientales, etc., para facilitar la toma de decisiones mejor informadas y proporcionar las mejores estrategias de actuación en cada momento, en base la evolución de la situación prevista.

1.2.- OBJETIVOS

Con la utilización de este tipo de sistemas de ayuda, se persigue fundamentalmente los siguientes objetivos:

- Recoger los datos, integrarlos y presentarlos de manera homogénea, para poder conocer rápidamente el estado real de la carretera y suministrar diagnósticos y pronósticos de actuación adecuados.
- Optimizar el empleo de los recursos disponibles (fundentes, maquinaria, personal, etc.).
- Detectar debilidades en los procedimientos de actuación y falta de recursos

La aplicación de este tipo de sistemas ofrece las siguientes ventajas, frente a la situación actual:

- Centraliza en una sola herramienta la información meteorológica y del estado del pavimento, pasando de disponer de un fax o un pronóstico más o menos generalista a disponer del mejor pronóstico posible para cada kilómetro y para cada hora.
- Mejorar la planificación de las actuaciones previstas, reduciendo horas extras
- Conocer el efecto real sobre el pavimento de los trabajos ejecutados (retirada de nieve y extendido de fundentes)
- Permitir la formación de personal nuevo y ya existente, revisando actuaciones pasadas
- Facilitar la toma de decisiones al disponer de un mayor nivel de información.

En definitiva, con la utilización de este tipo de sistemas de ayuda, se consiguen los siguientes objetivos:



2.- FUNCIONAMIENTO DEL MDSS

El MDSS es un sistema que facilita la toma de decisiones en los trabajos para el mantenimiento de la vialidad invernal en zonas determinadas, basándose en pronósticos meteorológicos concretos, fórmulas que determinan el estado del pavimento y los planes operativos de ese sector. El sistema genera información y recomendaciones basándose en:

- 1) CONDICIONES DEL PAVIMENTO (temperatura, espesor de nieve o hielo, etc.)
- 2) PREVISIONES METEOROLÓGICAS
 - Temperatura del aire
 - Viento
 - Humedad relativa y punto de rocío
 - Precipitación (tipo, intensidad y cantidad)
 - Riesgo de nevada o helada
- 3) RECOMENDACIONES DE TRATAMIENTO
 - Determinación de la zona de actuación (dónde)
 - Tipo y dosificación de fundente recomendado (qué)
 - Momento en que llevar a cabo la actuación y las subsiguientes (cuando)

Con todos estos datos el sistema permite definir la estrategias a llevar a cabo con 12-48 horas de antelación, facilitando el dimensionamiento de recursos a emplear (personal, maquinaria y materiales).

Cuando el sistema está implantado en varios sectores permite observar la evolución de la situación, conocer los distintos parámetros en cada tramo de las carreteras del sector y poder tomar de manera informada decisiones como el refuerzo de los medios de un sector con los de otros sectores, al conocer con exactitud el estado actual y la previsión en cada tramo de los distintos sectores.

El proceso se inicia con la entrada de datos en el sistema relativos a observaciones meteorológicas y predicciones de distintos modelos, que pueden ser actualizados cada hora. También se utiliza la información generada por distintos sensores fijos y móviles. Entre la información de partida se incluye la relativa a los planes operativos de vialidad invernal del sector.

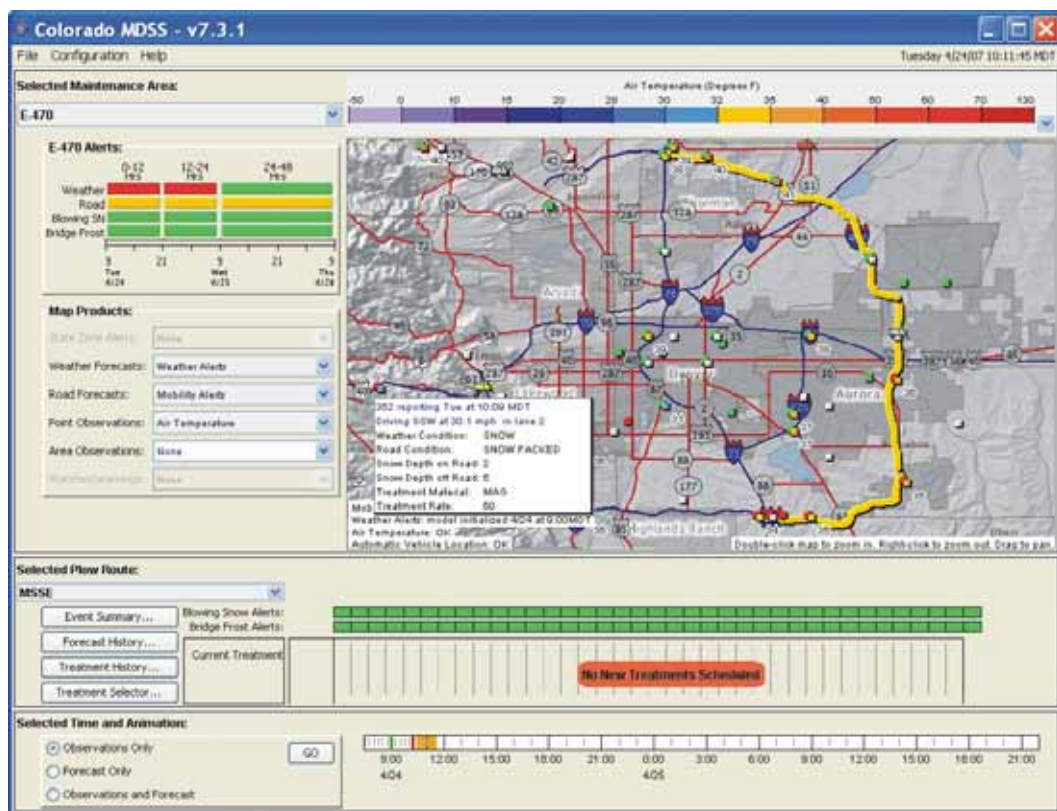
La información meteorológica se introduce en el sistema de predicción. Este contiene fórmulas matemáticas que sintetizan la información para crear un pronóstico que contenga todas las variables necesarias para la generación de recomendaciones en cuanto a tratamientos a realizar. Por ejemplo se obtiene un pronóstico de temperatura de aire, tipo de precipitación y probabilidad, velocidad del viento, etc.

El módulo de estado y tratamiento, toma el pronóstico generado y por medio de un algoritmo predice las condiciones en las que se encontrará la carretera (temperatura del pavimento, espesor de nieve, etc.). Así mismo, el módulo genera recomendaciones sobre actuaciones a llevar a cabo y evalúa la eficacia de los tratamientos.

Una vez el personal selecciona el tratamiento a realizar, el sistema presenta diversas recomendaciones en distintos gráficos, pudiéndose ver además distintos puntos de la carretera y sus parámetros.

El Sistema permite generar escenarios hipotéticos. El personal puede introducir cambios en el tratamiento recomendado y el sistema muestra que sucedería si se aplican estos cambios. Por ejemplo, si el sistema recomienda realizar un tratamiento que coincide con un cambio de turno, se podría adelantar o retrasar la ejecución del tratamiento y ver el resultado que esta modificación tendría sobre el estado del pavimento.

También permite personalizar las recomendaciones sobre las actuaciones a realizar en base a los requerimientos fijados y la experiencia del personal (niveles de servicio, fundentes a utilizar, etc.), pudiéndose incluso restringir el empleo de un determinado fundente en zonas específicas (por ejemplo prohibir el uso de cloruro cálcico sólido en una zona de colegios).



3.- SISTEMA DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES EN LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO DE LA VIALIDAD INVERNAL

3.1.- PLANIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS

3.1.1.- Planes Operativos y otros recursos del sector

Como labor previa a la implantación se analiza el Plan Operativo del sector para conocer los recursos humanos y materiales de los que se dispone en el sector, niveles de servicio asignados a las carreteras del mismo, fundentes empleados y condiciones de utilización, dotación y modos de empleo y estrategias utilizadas en base a las alertas meteorológicas disponibles.

Además se inventariarán los medios con los que cuenta el sector respecto a los temas siguientes:

- Cartografía: Dado que se debe poder conocer qué va a suceder en cada punto, la cartografía que se utilice en el sistema ha de ser suficientemente precisa como para que se pueda apreciar en ella las zonas singulares del tramo. Vías de servicio, carriles de entrada y salida, accesos a aparcamientos de vialidad invernal, etc. han de distinguirse claramente del tronco de la carretera. Por ello aunque existan en el mercado cartografías de bajo coste (Google maps, TeleAtlas, etc) siempre será necesario un trabajo de personalización de dicha cartografía a la realidad operativa del tramo. Además habrá que introducir en la cartografía elementos que no suelen aparecer como puntos kilométricos, pasos de mediana, la posición de silos, coordenadas de los extremos de las estructuras etc.
- Mapa de conectividad del sector respecto a coberturas 3G, GPRS, etc.
- Sistemas de localización automática de vehículos mediante GPS, implantados en el sector.
- Estaciones meteorológicas existentes en las carreteras del sector.
- Sistemas de predicción meteorológicos empleados.
- Otros sistemas utilizados en la gestión de la vialidad invernal

3.1.2.- Predicción Meteorológica

El Sistema será tan eficiente como lo sea la predicción meteorológica. Actualmente en la gestión se usan diferentes predicciones: Avisos Aemet, servicios de suscripción (Meteogroup, Meteológica..), diferentes páginas web, etc.

Para alimentar el Sistema se pretende conseguir el mejor pronóstico posible con el estado actual de la ciencia meteorológica ya que producirá un pronóstico específico para cada Km. de pavimento de carretera, puesto que no basta con un simple aviso de cota de nieve o con un color de alerta. Se trata de conocer diferentes variables (temperatura, punto de rocío, etc.) para cada hora durante las siguientes 72 horas en cada Km. de carretera.

Para conseguir que la predicción del Sistema sea mejor que cualquier predicción de las anteriormente citadas se elaborará un modelo de malla de 1km x1km en el tramo. Este modelo ha sido elaborado por el grupo de investigación de la Universidad de Cantabria (<http://www.meteo.unican.es/es/main>). Este departamento tiene probada experiencia en proyectos de este tipo y cuenta con las herramientas necesarias para ello.

Este modelo se introducirá en un sistema de ponderación dinámica, que consiste en que el propio sistema comprueba qué predicciones han “acertado” con las observaciones reales y a esas predicciones las pondera con coeficientes mayores. Esto hace que el sistema se “afine” de manera automática y permanente.

3.1.3.- Modelo de comportamiento de firmes

El Sistema de MDSS a implantar, desarrollado por el National Center for Atmospheric Research (NCAR), utiliza el modelo canadiense METRo para calcular la evolución de las distintas variables de calzada.

Este modelo requiere para modelar el comportamiento real del firme que se introduzcan variables de la realidad del mismo. Por ejemplo para el cálculo de la futura temperatura en un punto se utiliza como una de las variables la temperatura del subsuelo en ese punto, dado que el gradiente entre ambas influirá en el valor futuro en la superficie. Además habrá que introducir en el modelo dónde están situadas las estructuras ya que el modelo tendrá que utilizar la temperatura del aire como si fuera la temperatura del subsuelo y así se recogerá la singularidad de esos puntos.

3.2.- IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

3.2.1.- Programación del software

El Sistema NCAR a utilizar, ya implantado por otras administraciones, debe ser personalizado en una primera aproximación a la realidad de nuestro entorno general y posteriormente a una realidad más concreta relativa a las carreteras que conforman la Red de Carreteras del Estado. En este proceso de personalización se tendrán en

cuenta las disposiciones, normativa y recomendaciones de aplicación en la ejecución de los trabajos para el mantenimiento de la vialidad invernal en las carreteras de la Red del Estado, así como los medios empleados en su ejecución.

Toda esta labor se llevará a cabo en gran parte por el personal de NCA R en Boulder, Colorado, elegido como organismo de referencia en el campo del MDSS, siendo además los creadores del sistema original. Este proceso de adaptación incluye el diseño de un nuevo interfaz adaptado al uso por parte del personal de conservación.

El Sistema es una herramienta que puede ser utilizada por distintas personas que llevan a cabo trabajos distintos y sus consultas al Sistema estarán motivadas por razones distintas. Por ello, en la programación se establecen perfiles con distintos atributos dependiendo de a qué partes de Sistema tenga acceso cada usuario.

3.2.2.- Instalación del Hardware

Para poder operar los modelos meteorológicos se precisa un servidor con suficiente potencia. Para alimentar este servidor se instalarán las estaciones meteorológicas que resulte necesario de acuerdo con el estudio climático que se realice. Las observaciones procedentes de estaciones y las recibidas desde Aemet deberán ser transmitidas a este servidor para que procese la información y genere la predicción. Este Servidor se comunicará con los ordenadores que deban tener acceso al Sistema.

3.2.3.- Formación del personal

Al ser este tipo de sistemas una ayuda dirigida al personal responsable de la toma de decisiones de conservación, es fundamental que dicho personal esté involucrado desde el principio, que conozca el potencial de la herramienta, que aporte sugerencias y que con sus conocimientos aporte valor a la herramienta que usará posteriormente. Con este fin, se propone realizar un calendario de reuniones con dicho personal.

3.3.- USO Y EVALUACIÓN

3.3.1.- Calibración de los Modelos Meteorológicos

Como se ha descrito anteriormente, en el modelo se introducirá un sistema de ponderación dinámica, para que el sistema este permanentemente calibrándose en busca de afinar más el pronóstico. Así el modelo detectará mejor las particularidades de determinadas zonas.

Además de esta ponderación dinámica habrá un proceso calibración inicial que pretende detectar las desviaciones, predisposiciones y errores sistemáticos de los modelos.

3.3.2.- Soporte Técnico Telefónico

Los técnicos del NCAR prestarán apoyo vía email, videoconferencia y teléfono en los horarios de trabajo normales en su sede de Boulder, Colorado. Este apoyo será por un lado de tipo técnico de la herramienta y también meteorológico: Cuando se acerque un frente adverso proporcionarán resúmenes/explicaciones de las condiciones previstas en el tramo en cuestión, con el fin de ayudar a interpretar el pronóstico generado por el Sistema y prevenir sobre posibles evoluciones o cambios.

3.3.3.- Ajuste del Interfaz

El interfaz del Sistema, programado en lenguaje Java, se ajustará a lo largo del proyecto atendiendo a las necesidades y sugerencias de los usuarios.

3.3.4.- Verificación de predicciones

La verificación meteorológica consiste en la comprobación sistemática entre los pronósticos y las mediciones reales. Para evaluar el Sistema ésta verificación será crucial, pues permitirá conocer cómo de preciso es. De la precisión obtenida dependerá el éxito o el fracaso de la herramienta. Para este proyecto el proceso de verificación se llevará a cabo desde el NCAR por meteorólogos especialistas en verificación.

Madrid, noviembre de 2010