

## TEMA 83

**VIALIDAD INVERNAL. CONCEPTOS GENERALES DE METEOROLOGÍA DINÁMICA, FÍSICA Y MICROESCALA: VARIABLES Y SU MEDICIÓN. FENÓMENOS METEOROLÓGICOS QUE AFECTAN A LA VIALIDAD INVERNAL. TÉCNICAS EMPLEADAS PARA COMBATIR LOS EFECTOS DE LA NIEVE Y EL HIELO. MEDIOS DE PREVISIÓN Y ALERTA DE LOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS. MEDIOS DE INFORMACIÓN.**

### INDICE

TEMA 21 .....	
1 Vialidad invernal.....	
2 Conceptos generales de meteorología dinámica, física y microescala: variables y su medición. ....	
2.1 Meteorología dinámica .....	
2.2 Micrometeorología.....	
2.3 Variables y su medición .....	
2.3.1 Presión .....	
2.3.2 Temperatura .....	
2.3.3 Precipitación .....	
2.3.4 Viento .....	
2.3.5 Humedad. ....	
3 Fenómenos meteorológicos que afectan a la vialidad invernal .....	
3.1 Niebla .....	
3.2 Lluvia.....	
3.3 Lluvia helada .....	
3.4 Nieve .....	
3.5 Granizo.....	
3.6 Microrráfagas .....	
4 Técnicas empleadas para combatir los efectos de la nieve o el hielo .....	
4.1. Campañas de Vialidad Invernal.....	
4.2. Técnicas de actuación .....	
4.2.1. Limpieza de la nieve.....	
4.2.2. Eliminación del hielo.....	
4.2.3. Maquinaria.....	
4.2.4. Fundentes. ....	
4.3. Plan de actuaciones de Gestión del Tráfico en caso de nevadas.....	
4.3.1. Definición de los niveles de circulación.....	
4.3.2. Medidas de actuación .....	
5 Medios de previsión y alerta de los fenómenos meteorológicos .....	
5.1.- Información de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).....	
5.2.- Estaciones Meteorológicas .....	
6 Medios de Información .....	

## **1 Vialidad invernal**

## **2 Conceptos generales de meteorología dinámica, física y microescala: variables y su medición.**

A grandes rasgos, la meteorología se puede dividir en tres ramas:

1/ La meteorología física, dedicada al estudio de la estructura y composición de la atmósfera, y sus propiedades eléctricas, ópticas, termodinámicas y radiactivas principalmente.

2/ La meteorología dinámica, dedicada al estudio de los movimientos de la atmósfera y su evolución temporal basada en la mecánica de fluidos. Esta meteorología da como resultado el conocimiento y previsión de las situaciones atmosféricas a gran escala, a escala sinóptica.

3/ La micrometeorología, o meteorología de la pequeña escala.

### **2.1 Meteorología dinámica**

A juzgar por el desparpajo con que muchas personas y algunos medios de comunicación hablan de asuntos tales como el cambio climático o el agujero de ozono, se diría que el público, y no sólo unos pocos especialistas, está razonablemente familiarizado con el comportamiento de la atmósfera y que éste es fácilmente inteligible. Pero ambas presunciones resultan erróneas. Las dudas comienzan a surgir al observar la frecuencia con que se confunde inestabilidad con mal tiempo, posibilidad con probabilidad y clima –o, peor aún, climatología- con tiempo. Y es que, en contra de lo supuesto, el funcionamiento de la atmósfera no es nada sencillo. Muchos de sus aspectos se conocen bien pero resultan ser mucho más complicados y menos intuitivos de lo que parecía. Otros no se conocen más que parcialmente. Algunos, y no precisamente secundarios, están todavía pendientes de una explicación racional.

La atmósfera es una mezcla de gases cuya composición, con la excepción del vapor de agua, es esencialmente constante hasta unos 80 km de altitud. Estos son los componentes principales y sus proporciones aproximadas: nitrógeno (78%), oxígeno (21%), argón (0,9 %), dióxido de carbono (0,03%). Dentro del margen de temperaturas y presiones atmosféricas, el agua puede existir en uno o varios de los tres estados fundamentales, sólido, líquido y gaseoso; al pasar de uno a otro pone en juego calores de transformación considerables, lo que, en algunos aspectos, la convierte en uno de los más importantes componentes de la atmósfera.

Pero el punto de interés a nuestros efectos es que la atmósfera se comporta como un fluido. Y, como todo el mundo sabe, los fluidos se mueven desde donde la presión es mayor hacia donde es menor. Por eso se vacía un globo

de goma cuando se pincha y lo mismo hace la bañera al quitar el tapón. Ahora bien, quien haya prestado un poco de atención a los mapas meteorológicos habrá observado que los vientos circulan casi exactamente a lo largo de las curvas isobaras en lugar de hacerlo perpendicularmente, es decir, en lugar de soplar de las altas a las bajas presiones. Y aquí comienzan las dificultades. Lo primero que hay que hacer es indicar la razón de este comportamiento anómalo. En segundo lugar hay que explicar cómo es que, a pesar de ello, ni las regiones de baja presión (depresiones o bajas) ni las de alta presión (anticiclones o altas) persisten indefinidamente.

El viento no es sino el movimiento del aire respecto de la superficie terrestre, que se encuentra en rotación uniforme alrededor del eje de la Tierra. Así, el viento del oeste significa aire que se mueve hacia el este con una velocidad mayor que la de la Tierra; la calma no es más que aire en reposo respecto a la Tierra.

Para aclarar los efectos de la rotación sobre el movimiento relativo, no hay más que pensar un disco que gire con velocidad angular (velocidad de rotación) constante y en sentido antihorario (al revés del natural de las manecillas del reloj) alrededor de su centro O (figura 1). Supóngase que desde O se disparase un proyectil apuntando un blanco, solidario del disco, que en el instante del disparo estuviese situado en el punto B, alineado con otro, P, que no participa de la rotación. Mientras el proyectil recorre su camino, el blanco, por girar con el disco, se habrá desplazado a la posición B'. Y aquí viene la "magia" del movimiento relativo: a un observador situado sobre el disco, entre O y B, le parecería que el proyectil se hubiese desviado a la derecha, yendo a caer en B y no en B', como el esperaba. Para quien observase el proceso desde fuera del disco, sin participar en su rotación, las cosas se habrían desarrollado como era de esperar: el proyectil se habría movido a lo largo de la línea OP, cayendo en B.

Algo parecido ocurre en la superficie terrestre. Por hallarse esta en rotación uniforme, las partículas de aire en movimiento sufren una desviación aparente hacia su derecha en el hemisferio norte para los observadores solidarios de la Tierra, cosa que todos, salvo los astronautas en órbita, somos. Para explicar la desviación se introduce una fuerza aparente, la llamada "fuerza de Coriolis" (en honor del ingeniero y matemático francés Gustave-Garpard de Coriolis, que fue el primero en estudiar los movimientos sobre superficies en rotación en 1829), la cual es proporcional al doble de la velocidad angular de rotación de la Tierra, a la velocidad de la partícula y a una función trigonométrica de la latitud. Esta fuerza desviadora de Coriolis es perpendicular a la dirección del móvil, actúa sobre todos los cuerpos que se mueven sobre el planeta, pero debido a la pequeñez de la velocidad de rotación de la Tierra, sus efectos no se aprecian más que cuando las trayectorias de los móviles son muy largas, porque entonces tiene suficiente tiempo para actuar. Esta es la razón de que no nos resulte más familiar a todos, pero se puede detectar su acción en el torbellino que suele observarse en un desagüe, se toma muy en cuenta en el cálculo de trayectorias de balística y para los oceanógrafos y meteorólogos es el pan de cada día. La consecuencia final de todo esto es que una partícula que desde el

ecuador se dirija al polo norte será desviada hacia el este, mientras que si va del polo norte al ecuador lo será hacia el oeste (figura 2).

Pues bien, en los movimientos atmosféricos a gran escala se llega a establecer un cuasiequilibrio entre la fuerza bórica (que trataría de llevar las partículas de las zonas de alta presión a las de baja) y la fuerza de Coriolis que, en el hemisferio norte, tiende a desviar la trayectoria hacia la derecha del vector velocidad. Entonces, la partícula en cuestión se mueve paralelamente a las isobaras, como si sobre ella no actuase fuerza alguna. Esto es lo que se llama “viento geostrófico” que es una buena aproximación del viento real, como equilibrio de esas dos fuerzas (figura 3).

Pero la anterior descripción sólo es válida en primera aproximación. En realidad, la fuerza bórica predomina ligeramente sobre la de Coriolis, de manera que el movimiento tiene una ligera componente hacia las bajas presiones. Es esta circunstancia la que permite que las depresiones se rellenen (digamos borrascas) y las altas presiones se debiliten, dando el resultado de todos conocido: mapas de tiempo cambiantes, con depresiones que nacen, crecen, se mueven y finalmente se rellenan y desaparecen, junto con anticiclones que se refuerzan o se debilitan en torno a una posición de equilibrio, pudiendo llegar también a desaparecer.

Así, para explicar un simple hecho de observación diaria ha habido que recurrir a conceptos que ya no son tan familiares, como las fuerzas bóricas, el movimiento relativo y las fuerzas aparentes. Esta es un muestra del comportamiento díscolo de la atmósfera y de porqué hubo que recurrir a la meteorología dinámica.

## 2.2 Micrometeorología

Decir micrometeorología, en general, es decir física de nubes, ya que por contra de la escala sinóptica, estas se estudian a pequeña escala, a escala “microscópica”. Cuando se contempla una fotografía de la Tierra tomada por satélite, llama la atención el aspecto organizado de las masas nubosas. Las nubes cubren permanentemente la mitad del globo y sus cimas alcanzan 20 kilómetros de altitud en las regiones tropicales y 10 km en Europa. La disposición y la naturaleza de las formaciones nubosas dependen del estado de la atmósfera, es decir, de las variaciones que presentan la temperatura, la humedad y el viento en función de la altura y de la velocidad vertical media del aire situado encima de la región considerada.

La evolución de las nubes se describe de manera simplificada mediante leyes termodinámicas y gracias al concepto de “partícula de aire”. Consideremos una partícula de aire (una burbuja de gran tamaño) que contenga vapor de agua y se eleve a través de la atmósfera. Si es suficientemente voluminosa, los intercambios de materia y calor con el exterior serán despreciables. En una primera aproximación se razona como si la partícula estuviera encerrada en una envoltura elástica e impermeable al calor, de modo que la presión interna se ajuste instantáneamente a la presión atmosférica circundante. Cuando la partícula asciende, su presión disminuye (ya que le queda encima menos

atmósfera que la presione) y entonces, sometida a una ley física inexorable, desciende su temperatura y aumenta su volumen.

Hagamos un ejercicio mental para entender lo siguiente. Supongamos una bañera que calentamos a 80 grados. Al aumentar de temperatura, la bañera se dilató y por tanto aumento su volumen y entonces su capacidad. Así que imaginemos que a 80 grados pudiera contener 1 metro cúbico de agua. Si ahora la enfriamos, la bañera se contraerá y por tanto, algo de agua rebosará. Algo parecido, aunque más sofisticado, ocurre con el vapor de agua en la atmósfera, ya que la cantidad máxima de agua que puede contener un metro cúbico de aire depende de la presión y de la temperatura. Durante la elevación llega un momento en que la cantidad de vapor contenido en la partícula supera dicho máximo, lo que hace que el vapor excedente se condense alrededor de ciertos aerosoles, llamados núcleos de condensación nubosa. Si la temperatura es superior a cero grados Celsius, el vapor se condensa en una multitud de gotículas de agua líquida. Si fuese inferior a cero grados (como sucede con los cirros), se formarían cristales de hielo por condensación sólida alrededor de cierta clase de aerosoles, los núcleos de engelación.

La ascensión de las partículas puede ser forzada o espontánea. Es forzada cuando el aire húmedo remonta una cadena montañosa y también cuando el aire cálido y húmedo tropieza con aire frío en terreno llano o sobre el mar, situación en la que el aire frío penetra como una cuña por debajo del cálido, menos denso, y lo eleva. Es así como se forman los frentes. Cuando las partículas de aire cálido superan el nivel de condensación al remontar la pendiente fría, el vapor se condensa; la atmósfera es entonces hidrostáticamente estable y se observan capas de nubes, las nubes estratiformes.

La elevación espontánea produce nubes de tipo convectivo, como son los cúmulos y los cúmulo nimbos. Esta convección atmosférica es frecuente en días soleados, cuando las capas inferiores se calientan. Aparecen entonces chimeneas ascendentes, o “térmicas”, de las que se sirven los aficionados al parapente para volar durante horas. Las térmicas tienen diámetros de algunos centenares de metros y velocidades ascensionales comprendidas entre uno y tres metros segundo. A medida que el aire sube, sufre una dilatación adiabática y se enfría, deteniéndose cuando se vuelve más frío que el aire circundante, lo que sucede a unos dos mil metros de altura en la mayoría de los casos. En la cima de las térmicas se forman pequeños cúmulos por haberse superado el nivel de condensación, condensación que libera importantes cantidades de calor (unos 2500 julios por gramo de agua líquida), lo que refuerza la convección.

Pero son las características verticales de la atmósfera en un momento determinado las que determinan si esos pequeños cúmulos progresan. En presencia de los que los meteorólogos llaman “inestabilidad absoluta”, estos cúmulos se desarrollan más, crecen verticalmente y, si se dan las circunstancias pueden formar los llamados cumulonimbos, las nubes de tormenta.

## **2.3 Variables y su medición**

Como ya hemos dicho, la meteorología física, se dedica al estudio de la estructura y composición de la atmósfera, y sus propiedades eléctricas, ópticas, termodinámicas y radiactivas principalmente. Vamos a detenernos en las más conocidas popularmente.

### **2.3.1 Presión**

El aire se compone de billones de moléculas que se mueven constantemente en todas las direcciones y rebotan contra todo lo que encuentran. Estas colisiones constituyen lo que se llama presión atmosférica. Aunque no nos demos cuenta, el aire ejerce una presión constante sobre nosotros, un kilo por centímetro cuadrado de media. Puesto que las moléculas de aire son atraídas hacia la Tierra por la gravedad, la densidad de aire es mayor cerca de la superficie y por tanto, mayor su presión. La presión atmosférica suele medirse en hectopascales (antes llamados milibares) La presión normal a nivel del suelo varía entre los 980 y los 1.040 hectopascales ya que el aire se eleva (ya sabemos por qué) en ciertos sitios y por tanto baja en otros.

El barómetro anaeroide estándar, es el instrumento más usado y consiste en una cápsula de vacío (anaeroida) hecha de acero o berilio. Cuando sube la presión de aire, la cápsula se comprime; cuando la presión desciende, la cápsula se expande y, un sistema de palancas traduce el movimiento de la cápsula en el movimiento de una aguja.

Pero las presiones absolutas se realizan con un barómetro que mide la altura de una columna de mercurio. Esta técnica proviene del Renacimiento, cuando Evangelista Torricelli, discípulo de Galileo Galilei, construyó el primer barómetro: lleno de mercurio un tubo de cristal de 1,2 m de largo e introdujo el extremo abierto en un plato del mismo líquido. Torricelli observó que la mayor parte del mercurio permanecía en el tubo en vez de pasar al plato, llegando a la conclusión de que la columna de mercurio se aguantaba en el plato gracias a la presión del aire y que las variaciones en la altura de la columna eran consecuencia de los cambios de presión.

### **2.3.2 Temperatura**

La mayoría de los termómetros contienen mercurio o alcohol, sustancias que se expanden con el calor y se contraen con el frío. Por su parte, los termógrafos, termómetros que dejan un registro histórico de temperaturas, suelen estar formados por dos bandas de metal soldadas. Cuando la temperatura cambia, los dos metales se expanden en distinto grado lo que produce una distorsión. El movimiento de las bandas se traduce a una variación de temperatura y se registra.

A fin de medir correctamente la temperatura del aire, se debe colocar el termógrafo en una garita meteorológica o en una zona protegida de la luz solar. Las temperaturas mínimas son las más apropiadas para las comparaciones

diarias ya que por lo general se producen cuando no hay luz solar, ni directa ni indirecta, que pueda afectar a la medición

### **2.3.3 Precipitación**

Para hacer un pluviómetro puede utilizarse cualquier recipiente transparente con la base horizontal y las paredes rectas. Dado que las mediciones realizadas por un pluviómetro se ven afectadas por los vientos y por los remolinos que crean los edificios, los árboles y el mismo pluviómetro, se obtienen mejores resultados si se coloca una boquilla de un embudo en una jarra o botella de cuello estrecho que evite la evaporación.

Por otra parte, los pluviógrafos marcan las mediciones en un cilindro en rotación durante un cierto tiempo.

### **2.3.4 Viento**

Para medir la velocidad del viento se necesita un anemómetro de cazoleta. Consta de un eje vertical central sobre el que se montan en perpendicular cuatro cazoletas de metal o plástico. Cuanto más fuerte sea el viento, más rápido girarán las cazoletas.

Los anemómetros deben situarse en un espacio razonablemente abierto o lo bastante elevado para evitar las distorsiones de edificios, árboles, et.

### **2.3.5 Humedad.**

Para medir la cantidad de humedad del aire se necesita un termómetro seco y otro húmedo. La humedad varía con la temperatura dado que el aire caliente retiene mucha más humedad que el frío (acuérdesse del ejemplo de la bañera que se contraía y por tanto disminuía su capacidad al enfriarse). Esta variación implica que normalmente no midamos los niveles de humedad absoluta sino el nivel en relación con el máximo que el aire puede contener a una determinada temperatura (cuanto le queda a la bañera para llenarse a una determinada temperatura), es decir la humedad relativa expresada en porcentaje.

El termómetro húmedo es un termómetro bien ventilado con el bulbo envuelto en una gasa húmeda. Para cotejar la temperatura del aire saturado con la temperatura real del aire, se comparan las temperaturas registradas por los termómetros de bulbo seco y de bulbo húmedo. Si los valores de ambos termómetros son los mismos, entonces el aire está saturado de vapor de agua y por tanto la humedad relativa es del 100 % (la bañera está completamente llena). Esto significa que el aire ha alcanzado el punto de rocío y es probable que por la noche se forme rocío o escarcha (enfriamos la bañera y el agua se sale, igual que en la formación de las nubes)

## **3 Fenómenos meteorológicos que afectan a la vialidad invernal**

### **3.1 Niebla**

Los tres tipos de nieblas que existen pueden afectar a la vialidad invernal: niebla de irradiación, de advección y orográfica.

La de irradiación en realidad es la formación de nubes cercana al suelo, es su forma más común y se llama así porque es consecuencia del enfriamiento del suelo por irradiación. Sucede por la noche o primeras horas de la mañana, cuando el calor absorbido por la superficie de la tierra durante el día se irradia de nuevo a la atmósfera, enfriándose la superficie. Al enfriarse, provoca condensación en las capas inmediatamente superiores al nivel del suelo (en nuestro ejemplo el suelo enfría la bañera, y entonces sobre agua). Si sólo existe una delgada capa de aire húmedo, el agua sobrante va para la formación de rocío. Si la capa es más gruesa, habrá posibilidades de formación de niebla. Por eso es posible que exista rocío sin niebla, pero no es posible que haya niebla sin rocío. La niebla normalmente se disipa con las primeras horas de sol pero, si alguna nube media se sitúa por encima de la niebla, es posible que la niebla de irradiación se mantenga todo el día.

La niebla de advección a menudo tiene el mismo aspecto que la niebla de irradiación pero en su caso la condensación no la causa la disminución de la temperatura local sino el movimiento del aire a zonas más frías. Por eso esta niebla se distingue visualmente de la anterior porque tiene un movimiento horizontal. Son nieblas de advección las que se forman en las proximidades de la costa y en los valles.

Por último las nieblas orográficas que se produce porque se obliga al aire húmedo a subir por la ladera de una montaña hasta alcanzar el nivel de condensación.

### **3.2 Lluvia**

La lluvia se define como una precipitación que alcanza el suelo en forma líquida. La precipitación se produce cuando parte de los millones de gotículas de agua o cristales de hielo que forman una nube crecen lo suficiente para caer sobre la Tierra por efecto de la gravedad. A veces, las gotículas de agua o cristales de hielo que caen, se evaporan por el camino. Esto crea un efecto visual en forma de cortina que cuelga de la base de la nube y ocurre cuando hay una gruesa capa de aire seco o una más fina de aire extremadamente seco por debajo de la nube.

La lluvia que si llega al suelo puede clasificarse de diferentes manera y de cara a la gestión de la movilidad segura tiene importantes repercusiones. La precipitación con gotas de menos de 0,065 mm de diámetro que caen cerca unas de otras se define como llovizna, que a la vez se puede definir como



débil, moderada o fuerte dependiendo de la visibilidad. Las gotas más grandes, o las gotas más pequeñas pero más separadas, se considera lluvia.

Aunque este sistema es preciso, es difícil para un simple observador poder usarlo. Así que existe una distinción más simple y práctica que define la precipitación atendiendo al tipo de nube que la produce. Según este sistema, la precipitación líquida se clasifica como lluvia o chubasco. Se considera lluvia las precipitaciones de nubes estratiformes. Estas nubes cubren una amplia área, de modo que la lluvia de estas nubes suele abarcar grandes zonas y tener una larga duración. Los chubascos por su parte, son las precipitaciones de las nubes cumuliformes. Estas precipitaciones suelen estar localizadas y a veces sólo duran unos minutos. Sin embargo, algunos algunos chubascos pueden ser fuertes, especialmente cuando acompañan a las tormentas. Los intervalos secos entre chubascos normalmente duran mucho más que los propios chubascos. No obstante, si hay muchas nubes, pueden producirse numerosos chubascos con intervalos de separación muy cortos.

Las peligrosas balsas de agua, que es donde suele producirse el aquaplaning, se pueden deber tanto a la lluvia de nubes estratiformes como a los chubascos de las nubes cumuliformes. El uso de asfalto drenante suele evitar las balsas de agua de las nubes estratiformes pero no garantiza nada contra los efectos de las nubes cumuliformes.

### **3.3 Lluvia helada**

Aunque no es muy típico en nuestras latitudes, se describe el fenómeno. En invierno, cuando las temperaturas en el nivel de las nubes son negativas, las gotas de agua que caen de las nubes están sobreenfriadas. Esto hace que, con mucha probabilidad, se congelen cuando lleguen a una capa de aire más fría o a una superficie que esté bajo cero. La precipitación que se congela de cualquier de estas dos maneras se llama lluvia helada. No debe confundirse la lluvia helada con el agua nieve o la cellisca, que dan nombre al proceso opuesto, es decir, la precipitación de nieve parcialmente fundida.

A efectos de la movilidad segura, el problema de las grandes gotas sobreenfriadas es que cuando llegan a un suelo que esté a temperatura bajo cero, tienden a extenderse en el momento del impacto antes de congelarse, recubriendo la superficie con una capa de hielo transparente peligrosísimo. Si las gotas sobreenfriadas no son tan grandes, tienden a congelarse en el momento del impacto, capturando burbujas de aire creando una capa de hielo opaca y granulada menos peligrosa para el tráfico porque es visible y rugosa.

### **3.4 Nieve**

La nieve empieza en forma de cristales de hielo que forman una nube cuando el vapor de agua se congela alrededor de diminutas partículas sólidas en los niveles medios y altos donde las temperaturas son inferiores a 0 °C. Los cristales de hielo se van uniendo unos a otros y forman los copos de nieve. Cuando estos copos de nieve tienen suficiente peso para contrarrestar cualquier corriente ascendente, caen al suelo.

A menudo, la nieve que cae se derrite en el descenso y lleva forma de lluvia. No obstante, para derretirse extrae calor latente del aire, haciendo que la temperatura del aire baje y aumente la probabilidad de que nevadas posteriores alcancen el suelo.

Resulta curioso que las condiciones ideales para una gran nevada sean temperaturas en torno al punto de congelación, pero no más frías. Esto se debe a que, cuando menos fría está la nieve, más humedad contiene y más grandes pueden ser los copos. Además, una temperatura próxima a 0 °C permite que la nieve se funda, se vuelva a congelar y se recomponga en copos más grandes. El resultado es que la diferencia entre nieve y lluvia depende sólo de cambios mínimos de temperatura, lo que hace difícil la previsión. Por otro lado, la famosa nieve polvo que tanto gusta a los esquiadores proviene de nevadas con temperaturas muy por debajo de 0 °C que genera esos pequeños copos.

A efectos de movilidad segura son mucho más peligrosas las ventiscas producen una muy baja visibilidad y que se dan por una combinación de intensas nevadas, bajas temperaturas y vientos fuertes.

### **3.5 Granizo**

El granizo se forma cuando las gotículas de agua sobreenfriadas no acaban en su primer viaje en el suelo sino que vuelven a subir debido a las corrientes ascendentes. Estas corrientes ascendentes se dan por lo general en un cumulonimbo, la nube de tormenta, en el que al pasar a través de áreas de diferentes temperatura y grado de humedad, se acumulan en ellas distintos tipos de hielo.

En las zonas donde la temperatura está justo por debajo del punto de congelación y hay muchas gotículas de agua sobreenfriada, se forman capas de hielo transparente. En las partes más frías de la nube, donde son menos y más pequeñas las gotículas de agua, la congelación es tan rápida que quedan atrapadas burbujas de aire y se forma hielo opaco. A esta formación de capas se añade que el grano de hielo se derrite y congela sucesivamente según cambia la temperatura del aire.

Por lo general, las piedras de granizo son del tamaño aproximado de un guisante, aunque a veces, si el cumulonimbo es muy potente, llegan al tamaño de una pelota de golf e incluso de una naranja. El tamaño y número de capas depende del tiempo que permanece en el interior de la tormenta habiéndose registrado piedras de granizo de hasta 25 capas.

El granizo finalmente cae de la nube cuando adquiere demasiado peso para que las corrientes ascendentes lo mantengan en el aire, si estas se debilitan, o si es lanzado fuera de la zona en la que actúan.

### **3.6 Microrráfagas**

El viento en general no es buen compañero de viaje, dificulta la condición, obliga a una actitud proactiva del conductor y ocasiona mayor fatiga de la necesaria. Además, un viento fuerte sostenido obliga a extremar las

precauciones porque si este es lateral, obliga al conductor a corregir la trayectoria y, si este viento se detiene momentáneamente por la aparición de un obstáculo que se interpone (edificio, camión al que se adelanta), y el conductor no está atento y mueve el volante, puede modificar su trayectoria. ¿Cuántos accidentes de tráfico se han producido en carreteras secundarias con viento lateral, porque el conductor al cruzarse con un camión no tomó las medidas oportunas y acabó en el carril contrario?

Pero además de este fenómeno que es conocido por cualquier conductor, existe otro mucho más peligrosos de nuevo por lo imprevisto. Una microrráfaga es una breve racha de viento fuerte que parece irradiar de un punto central del suelo. La produce una violenta corriente de aire descendente que se forma en la parte central de un cúmulo ordinario o de un cumulonimbo.

Hay dos tipos diferentes de microrráfagas: secas y de lluvia. Las secas se producen en condiciones de ausencia de humedad, cuando una columna de aire cae en una capa de aire seco por debajo de la nube, e inmediatamente empieza a evaporarse. Como la evaporación provoca un enfriamiento, se acelera el movimiento descendente de la columna de aire, lo que crea una fuerte racha de viento descendente de la columna de aire que, al alcanzar el suelo, se extiende en todas las direcciones. La microrráfaga húmeda se genera de manera equivalente a la seca pero, en este caso, la lluvia llega al suelo

## **4 Técnicas empleadas para combatir los efectos de la nieve y el hielo**

### **4.1 Campañas de Vialidad Invernal**

La organización de las campañas de vialidad invernal varía de una zona a otra dependiendo de diversos factores como son: el titular de la vía, presupuesto, medios disponibles, número de centros de operaciones, personal, etc. Sin embargo pueden establecerse unos criterios generales que permiten definir las funciones que se realizan, variando en la intensidad de las mismas, así como el “cuando” y “cómo” hay que llevarlas a cabo.

Dichas funciones aplicables a cualquier organización, se pueden clasificar del siguiente modo:

- a) Actuaciones preventivas y/o encaminadas a la preparación de la temporada invernal:

Muchos problemas de vialidad invernal se pueden reducir, o incluso eliminar, si se tienen en cuenta al redactarse el proyecto de construcción o mejora de la carretera. Por ejemplo: tratando de evitar zonas de umbría así como la orientación de laderas al norte y los taludes en los desmontes que puedan producir ventisqueros, procurando que la calzada esté lo más soleada posible, que exista un buen drenaje superficial y subterráneo, que exista una señalización y balizamiento adecuados, que se habiliten aparcamientos de emergencia y zonas para la colocación y retirada de cadenas, etc.

Otras actuaciones previas de gran importancia son:

- Eliminar los árboles próximos a la carretera que produzcan sombra, ya que se puede formar hielo por baja insolación.
- Evitar las vías o cursos de agua que puedan discurrir por la calzada, canalizándolas y conduciéndolas a los drenajes y a las obras de fábrica para su desagüe transversal.
- Evitar la formación de acumulaciones de agua sobre la calzada.
- Eliminar siempre que sea posible, los obstáculos que existan en los márgenes de la carretera, ya que pueden producir acumulaciones de nieve.

Las tareas de mantenimiento invernal deben comenzar mucho antes que el inicio de la temporada de nieves y tiene por objeto asegurar que los medios adscritos al Centro de Operaciones estén en perfectas condiciones de funcionamiento al comienzo del periodo invernal. La actividad más importante es la referente a la revisión, entretenimiento y reparación, de la maquinaria que va a someterse a grandes esfuerzos mecánicos a muy bajas temperaturas, así como expuesta a riesgos de corrosión por efecto de fundentes.

b) Funciones a realizar durante la temporada invernal:

- Vigilancia: Previsión y alerta.
- Realización de tratamientos preventivos y curativos.
- Limpieza y eliminación de la nieve.
- Información al usuario.
- Conservación, mantenimiento y reparación, en su caso, de las instalaciones, maquinaria y equipamientos auxiliares.

## 4.2 Técnicas de actuación

El método tradicional de control contra la nieve y hielo de esperar a que la nieve caiga y, a continuación, enviar los camiones de sal o arena y quitanieves para limpiar las carreteras es completamente ineficaz por las siguientes razones:

- Es más difícil limpiar la nieve y hielo una vez que se han adherido al pavimento que evitar que dicha adhesión se produzca inicialmente.
- Frecuentemente, se produce una demora entre el momento de comenzar una ventisca y el momento en que los equipos de conservación pueden responder.
- Los equipos de conservación no disponen de suficiente información acerca de la intensidad de la ventisca, provocando que traten la calzada con demasiado o con insuficiente fundente.

El tratamiento preventivo es la mejor estrategia en la vialidad invernal para evitar una fuerte unión entre nieve compactada y/o hielo y el pavimento por medio de la aplicación de un producto químico antes de que pueda formarse hielo. Esto no solamente nos lleva a unas condiciones de circulación más seguras, sino que también ahorra tiempo y dinero al simplificar los pases siguientes de las máquinas quitanieves.

Las ventajas de los trabajos preventivos, cuando son realizados adecuadamente, son las siguientes:

- Menos gasto de mano de obra y utilización de productos químicos.
- Trabajos más sencillos y rápidos con las máquinas quitanieves, cuando posteriormente éstas son necesarias.
- Impactos ambientales más reducidos debido a la menor cantidad de aplicaciones químicas.
- Mejor nivel de servicio de circulación

En cuanto al mantenimiento invernal propiamente dicho, debe tenerse en cuenta que uno de los aspectos fundamentales para la eficacia es actuar a tiempo, lo que actualmente puede conseguirse mediante el conocimiento de las previsiones meteorológicas con suficiente antelación, de forma que se pueda tener la información sobre el tipo de incidencia que se va a presentar y así decidir las operaciones de mantenimiento invernal que hay que llevar a cabo. Asimismo, en tiempo presente, la información recibida de las espiras de tráfico, las estaciones meteorológicas y las cámaras de Circuito Cerrado de Televisión resulta de vital importancia para la anticipación y garantías del Nivel de Servicio de circulación en la vía, para la sucesiva adopción de medidas de control, regulación del tráfico y movilidad, e incluso, finalmente para la previsión y anticipación a situaciones de alto riesgo o accidentes de tráfico.

#### **4.2.1 Limpieza de la nieve**

En la lucha contra la nieve pueden seguirse dos sistemas:

- 1. Tratamiento en negro: Consiste en conseguir que la nieve no permanezca en la calzada, retirándola cuando empieza a caer. Este sistema se emplea en la red de carreteras más importante del país.
- 2. Tratamiento en blanco: En vías de menor intensidad de tráfico, se admite que exista una capa de nieve transitable sobre la calzada. En este caso, para poder circular es preciso que los vehículos vayan equipados con cadenas, neumáticos especiales para la nieve o con clavos.

Es necesario y de gran importancia para la correcta y efectiva gestión de un episodio de nevadas actuar de manera preventiva extendiendo fundentes, de modo que cuando caiga la nieve sobre la calzada no se adhiera y sea más fácil su retirada. Una vez ha comenzado a nevar, la lucha contra la nieve está

basada en tratamientos curativos. Sin embargo, las máquinas quitanieves no limpian totalmente esa nieve precipitada en la superficie de la calzada e incluso compactada en las zonas del carril con roderas por el paso de los vehículos, quedando una capa de pequeño espesor que es preciso eliminar mediante el empleo de fundentes.

#### **4.2.2 Eliminación del hielo.**

El hielo no sólo es un fenómeno que incide de un modo muy negativo en la seguridad vial, sino que también influye en el deterioro de los firmes y pavimentos por los procesos de hielo-deshielo que se producen en los mismos. Para luchar contra el hielo se ha de actuar preventivamente mediante el extendido de fundentes, tratando de que no se forme sobre la calzada, y curativamente, si se ha formado, tratando de eliminarlo con dosificaciones de fundente más significativas que en las actuaciones preventivas.

Un tratamiento preventivo contra el hielo requiere que los responsables de vialidad invernal controlen muy de cerca la información recogida sobre las condiciones climáticas y del pavimento. Cuando dichas condiciones indican que pronto se formará hielo en la calzada, los equipos de conservación han de salir a extender fundentes sobre la misma, lo que evitará la unión entre el pavimento y el hielo, así cuando empiece a caer la lluvia helada o nieve, el pavimento ya está cubierto de materiales que evitarán la formación de hielo y que la nieve compactada se adhiera a la superficie.

La realización de los tratamientos curativos con fundentes exigirá una adecuada vigilancia de la carretera para poder detectar cuándo y dónde se produce hielo y actuar rápidamente. Por lo tanto es necesario disponer de medios de previsión y alerta.

#### **4.2.3 Maquinaria.**

Las máquinas normalmente utilizadas en el mantenimiento invernal de las carreteras pueden clasificarse del modo siguiente:

a) Dinámicas: Turbinas, fresas y turbofresas:

Las turbinas trabajan penetrando en la nieve por presión, lo que exige mayor potencia del vehículo tractor. En general son adecuadas para nieve blanda. Estas máquinas lanzan la nieve fuera de la plataforma de la carretera, a distancias comprendidas entre los 15 y 50 metros, regulables según necesidades.

Las fresas atacan a la nieve absorbiéndola en sentido longitudinal y desplazándola lateralmente debido a la disposición de las toberas, lo que provoca unas notables pérdidas de rendimiento. Es la maquinaria más adecuada para nieve dura. Lanzan la nieve a una distancia inferior a la de las turbinas.

Las turbofresas son una combinación de los dos tipos anteriores. Su

diseño es más racional para trabajar con cualquier tipo de nieve, ya que aprovecha las ventajas de la fresa para atacar el frente y de la turbina de lanzamiento.

b) De empuje: Hojas, planas o curvas, de ángulo fijo o variable, acopladas al equipo tractor, normalmente un camión de potencia superior a los 170CV.

Las hojas planas, acoplables a un vehículo, son láminas planas de ataque frontal, las hojas curvas son láminas en forma curva que pueden inclinarse a derecha o izquierda.

Las cuñas pueden ser de ángulo fijo o variable. Las principales ventajas de las cuñas son que pueden lanzar nieve fuera de los bordes de la carretera, pueden trabajar con espesores de nieve de hasta 1,50m., apenas tienen entretenimiento, su empleo es simple y resisten bien a los pequeños bloques.

c) Máquinas auxiliares: Motoniveladoras, palas cargadoras y tractores con hojas de empuje.

Dentro del grupo de máquinas auxiliares se engloban aquellas que, no estando específicamente diseñadas para realizar trabajos de mantenimiento invernal, por sus características pueden llevar a cabo este tipo de tareas como complemento de las máquinas específicas. Se trata en general de máquinas de obras públicas y tractores.

#### **4.2.4 Fundentes.**

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 se hubiera formado. Precisamente debido a esta propiedad, los fundentes químicos son susceptibles de empleo tanto en tratamientos preventivos como curativos contra la nieve y el hielo.

Los productos que hasta la fecha han sido utilizados como fundentes en el mantenimiento invernal de las carreteras, son los siguientes: Cloruro de Sodio Cloruro de Calcio, Cloruro de Magnesio, Urea, Alcoholes y Glicoles y Acetato de calcio magnésico (C.M.A).

Es importante destacar el efecto negativo de los fundentes sobre las obras de fábrica y hormigón. Los fundentes empeoran la conservación de los elementos estructurales debido a la corrosión de las armaduras del hormigón.

Las sales empleadas, una vez fundido el hielo, quedan disueltas en el agua, contaminando las aguas superficiales y subterráneas. Las investigaciones han demostrado que aunque se produce una cierta contaminación, la concentración de sal suele estar muy por debajo de los límites permitidos en los países de la Unión Europea. La tendencia es tratar

de reducir el consumo de fundentes, pero sin olvidar que son imprescindibles para la seguridad de los usuarios de carreteras durante el período invernal.

A continuación se indican las características de los dos productos más profusamente utilizados:

a) Cloruro Sódico ( $\text{NaCl}$ ):

Es sin duda el producto más utilizado como fundente. Se emplea de forma sólida o como salmuera, entendiendo como tal las soluciones saturadas realizadas a temperatura ambiente mediante contacto directo de agua y un exceso de sal.

El Cloruro Sódico es eficaz hasta  $(-5)^\circ\text{C}$ . Por debajo de esta temperatura pierde capacidad de acción llegando a anularse prácticamente a partir de  $(-15)^\circ\text{C}$ . Por este motivo, a partir de  $(-5)^\circ\text{C}$ , se suele emplear mezclado con Cloruro Cálcico que, como más adelante se verá es eficaz hasta  $(-35)^\circ\text{C}$ .

El Cloruro Sódico precisa siempre de un agente externo de calorías para formar la solución, ya sea por acción del tráfico o por el sol. Factores tales como el viento, que causa evaporaciones que provocan enfriamientos, la disminución del tráfico, las temperaturas bajas o un tiempo nublado, retardan de un modo considerable la acción del fundente de este producto.

b) Cloruro de Calcio ( $\text{CaCl}_2$ ):

Es muy eficaz a bajas temperaturas (hasta  $(-35)^\circ\text{C}$ ).

Como fundente es usado en forma sólida y como salmuera. Debido a su coste también se utiliza mezclado con el Cloruro Sódico.

A diferencia del Cloruro Sódico, al disolverse es exotérmico, desprendiendo calorías que hacen fundir la nieve o el hielo. Debido a su higroscopicidad absorbe la humedad del aire actuando muy rápidamente.

#### **4.3 Plan de actuaciones de Gestión del Tráfico en caso de nevadas**

Es preciso preparar con antelación suficiente un conjunto de actuaciones eficaces y coherentes que, bajo la denominación genérica de “Plan de actuaciones frente a nevadas”, pueda ayudar a paliar de la forma más rápida posible las consecuencias de este fenómeno meteorológico.

##### **4. 3.1 Definición de los niveles de circulación**

A partir de los códigos de vialidad invernal utilizados por la Dirección General de Tráfico, se establecen cuatro niveles de circulación según el estado de la vía y las condiciones del tráfico.



### **Nivel Verde: PRUDENCIA**

- Descripción del peligro: Comienza a nevar. Aunque la circulación no se ve afectada, conviene ser prudentes. Se recomienda no superar los 100 km/h. en autopistas y autovías y los 80 Km/h. en el resto de carreteras. Los camiones deben circular por el carril de la derecha y no adelantar.

- Qué hacer: Atención a los partes meteorológicos. Especial prudencia en zonas altas y húmedas de montaña y en noches de cielos despejados, por las posibles placas de hielo. En poco tiempo se puede pasar a nivel amarillo.

### **Nivel Amarillo: PRECAUCIÓN**

- Descripción del peligro: Nieve en la calzada. Se empieza a cubrir el firme de nieve. La circulación de camiones y vehículos articulados está prohibida. Los turismos y autobuses no podrán superar los 60 Km/h.

- Qué hacer: Disminuir la velocidad. Especial cuidado en curvas y tramos inclinados. Evita maniobras bruscas y aumenta la distancia de seguridad. Si no llevas cadenas, ropa de abrigo y otros elementos necesarios, para en la población o área de servicio más cercana.

### **Nivel ROJO: DIFÍCIL**

- Descripción del peligro: Calzada cubierta de nieve. Solo se puede circular con cadenas o neumáticos especiales y a una velocidad máxima de 30 km/h. Esta situación se da con más frecuencia en puertos de montaña. Se prohíbe la circulación de vehículos articulados, camiones y autobuses.

- Qué hacer: Suspender el viaje. No esperes a quedarte inmovilizado para poner las cadenas y no pares en lugares donde obstaculices el paso. Circula siempre por el carril de la derecha, dejando libre el carril de adelantamiento. Busca refugio en la población o área de servicio más cercana.

### **Nivel Negro: INTRANSITABLE**

- Descripción del peligro: Calzada intransitable. Ningún vehículo puede circular. Se corre el riesgo de permanecer inmovilizado en la carretera durante un largo periodo de tiempo.

- Qué hacer: Evitar este tipo de rutas. En caso de inmovilización, llama al 112 y sigue sus instrucciones.

#### **4.3.2 Medidas de actuación**

En todo Plan de actuaciones para la Gestión del Tráfico, deben

incluirse las medidas que se llevarán a cabo en las diferentes fases de actuación de la estrategia a desarrollar. La puesta en marcha de cada una de ellas, así como su ámbito de aplicación, dependerá de la gravedad de la situación y disponibilidad de medios para llevarlas a cabo.

a) Establecimiento y actualización de los puntos de información

Cuando se reciban partes meteorológicos de previsión de nevadas, se establecerán los puntos informativos desde los que se difundirá a los conductores la información relevante. Los puntos de información a los cuales irán dirigidos los mensajes para su difusión por diferentes medios (radio, televisión, e-mail, fax, twitter, aplicación APP de la DGT, etc.) podrán ser: Puntos de concentración de vehículos, Paneles de Mensaje Variable, etc.

b) Situación y activación de puntos de control

Se instalarán controles selectivos para detener, obligar a retroceder, tomar desvíos obligatorios o recomendar itinerarios alternativos a todos aquellos vehículos contemplados en la fase de operación. Además, en ellos se verificará que los restantes vehículos disponen de las condiciones mínimas para poder circular por los tramos de carretera afectados por la nieve (cadenas, neumáticos especiales, etc.). La situación de los puntos de control dependerá de la zona y carreteras afectadas por la nevada.

c) Restricciones de circulación y estacionamiento de vehículos

Las restricciones a la circulación pueden consistir en limitación de velocidad, prohibición de adelantamiento o prohibición de circulación. Estas medidas se aplicarán cuando ya ha comenzado a nevar.

Cuando sea necesario se evitará la circulación y acumulación de vehículos en los laterales de las carreteras, enviándolos a los puntos de estacionamiento situados en lugares dotados de aparcamientos y servicios suficientes. En cada caso se determinará qué vehículos deben dirigirse obligatoriamente a dichos estacionamientos.

d) Empleo de cadenas

El uso de cadenas vendrá determinado por el estado de la carretera. En general las Fuerzas de Vigilancia de Tráfico indicarán en qué momento comienza a ser necesario tal uso.

e) Cierre de carriles / Alternancia en la utilización de calzadas

En vías con varios carriles para cada sentido de circulación, para evitar que la calzada quede bloqueada por vehículos que no pueden continuar su marcha debido a la nieve acumulada, se procederá a cerrar el carril izquierdo cuando éste se empiece a cubrir de nieve. Los vehículos continuarán circulando por el carril abierto y, cuando el carril haya sido limpiado, se volverá a abrir a la circulación hasta que comience a cubrirse de nuevo y

sea necesario cerrarlo otra vez. De esta forma se permitirá mantener en todo momento al menos un carril abierto para facilitar el acceso de máquinas quitanieves y para facilitar la retirada de vehículos que hayan quedado bloqueados en la calzada.

Por otra parte, en carreteras con calzadas separadas para cada sentido de circulación, esta medida implica el paso del tráfico de una a otra con el objetivo de salvar una zona afectada. Esta medida se llevará a cabo cuando la calzada haya quedado totalmente bloqueada y no exista un itinerario alternativo para desviar la circulación. También podrá llevarse a cabo cuando, por las características de la mercancía transportada o peligro derivado del incidente, resulte conveniente u obligatorio que el resto de los conductores no circule próximo a la zona afectada.

f) Formación de convoyes o caravanas

La formación de convoyes o caravanas se realizará cuando:

- Haya que sacar a los vehículos almacenados en las zonas de estacionamiento para que se incorporen de nuevo a la circulación;
- Por estricta necesidad, sea necesaria la circulación de un determinado tipo de vehículo debido a la especificidad de su carga.

g) Cierre de la calzada

Se cerrará la calzada cuando el nivel de circulación sea NEGRO es decir, la carretera está impracticable y no es posible la circulación.

## **5 MEDIOS DE PREVISIÓN Y ALERTA DE LOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS**

Como ya antes se indicó, uno de los principios básicos en los que debe sustentarse la gestión del mantenimiento invernal de las carreteras para que sea eficaz es conocer con suficiente antelación el momento en que se van a producir los fenómenos meteorológicos.

Las ventajas que supone disponer de unos medios adecuados de previsión y alerta son, entre otras, las siguientes:

- Hace posible aplicar a su debido tiempo los tratamientos preventivos.
- Permite alertar con suficiente antelación a todo el personal.
- Hace posible iniciar los trabajos cuando empiezan los fenómenos meteorológicos.
- Permite adoptar medidas previas para regular debidamente la circulación, tratando de evitar retenciones, por ejemplo suspendiéndose temporalmente la circulación de vehículos pesados, particularmente los articulados.
- Posibilita informar a los usuarios para que elijan el modo de

transporte y el horario de viaje más conveniente o utilicen itinerarios alternativos.

Los métodos de previsión a los que normalmente se recurre en el mantenimiento invernal y en la gestión del tráfico son las previsiones meteorológicas nacionales, regionales y locales y el análisis del microclima mediante estaciones meteorológicas.

Los medios de alerta normalmente son los equipos ITS de los Centros de Gestión del Tráfico, las patrullas de agentes de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, el personal dependiente de los titulares de las vías y observadores acreditados conocedores de la zona.

Así, mediante la información recibida de los equipos ITS de los Centros de Gestión del Tráfico, la DGT ha consolidado diferentes sistemas de emisión automática de Avisos y Alarmas encaminados a garantizar la máxima coordinación con los organismos implicados y la máxima información a los usuarios de las vías. De este modo, en función del lugar geográfico (tramos de vías afectados) se generan de manera automática mensajes de avisos/alarmas y, al mismo tiempo, también se envían de manera automática vía correo electrónico y/o FAX a todos los destinatarios. Todos estos avisos/alarmas son fruto de los años de experiencia adquiridos en los diferentes episodios de meteorología adversa acaecidos, de manera que se aplican una serie de algoritmos propios.

Los avisos/alarmas van destinados fundamentalmente a la Delegaciones y Subdelegaciones del Gobierno, Jefaturas Provinciales de Tráfico, Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, Agencia Estatal de Meteorología, Demarcaciones de Carreteras del Estado, Protección Civil del Estado, Policía Nacional y Unidad Militar de Emergencias.

## **5.1 Información de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)**

En el año 1996 el entonces Instituto Nacional de Meteorología (en la actualidad Agencia Estatal de Meteorología) elaboró el “Plan de Predicción y Vigilancia de los Fenómenos Meteorológicos Adversos”. Este Plan, que ha sido desarrollado en estrecha colaboración con la Dirección General de Protección Civil y las Unidades de Protección Civil de los Gobiernos Autonómicos, pretende dar la mejor información disponible sobre las posibilidades de aparición de fenómenos meteorológicos adversos o bien de su ocurrencia real en cualquier punto del territorio nacional y en cualquier época del año.

En dicho Plan se establece el procedimiento de difusión de los boletines de predicción meteorológica del I.N.M, entre los órganos de protección civil y otros organismos y empresas de servicios públicos.

Estos boletines son de tres tipos:

1. Boletines de predicción a medio plazo: Estos Boletines son emitidos

por el I.N.M cuando se esperen precipitaciones de nieve que superen los siguientes umbrales:

Altitud (m) Espesor de nieve (cm/24h)

$0 < h \leq 200 > 2$

$200 < h \leq 800 > 5$

$800 < h \leq 1.200 > 10$

2. Boletines nacionales y regionales de corto y muy corto plazo: Son emitidos directamente por los Centros Meteorológicos Territoriales y difundidos por éstos a nivel regional. Los umbrales para la generación de estos boletines varían en cada una de las Comunidades Autónomas.

3. Boletines regionales y nacionales de información de fenómenos observados: Su finalidad es 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.

La AEMET dispone de los mejores modelos físico-matemáticos de evolución de la atmósfera, absolutamente necesarios para la predicción entre 6 y 48 horas así como una compleja red de observatorios compuesta, además de los observatorios básicos, por radares meteorológicos, estaciones automáticas de observación, detectores de rayos y equipos receptores de imágenes de satélite.

## 5.2 Estaciones meteorológicas

La información del microclima local puede conseguirse mediante la instalación de estaciones meteorológicas.

El seguimiento de la información facilitada por las estaciones debe ser sistemático y continuo, con el fin de poder evaluar las condiciones que se produzcan en cada momento y zonas más problemáticas.

En vialidad invernal lo que más interesa conocer es el estado de la calzada. El análisis de éste se basa en conocimientos sobre procesos atmosféricos y físicos que afectan a la fricción predominante de la superficie de la carretera. La lluvia y la nieve son las dos causas principales de los cambios en el coeficiente de rozamiento de la superficie de la carretera

Las estaciones meteorológicas normalmente constan de los siguientes elementos:

### 1. Sensores meteorológicos:

Las cifras basadas en la medición directa, tales como la temperatura, la humedad y datos del viento, son muy precisos. Las cifras basadas en el análisis de la superficie de la carretera, tales como la cantidad de agua, la concentración de sal y la bajada del punto de congelación son sólo

estimaciones y pueden ser imprecisos en algunos casos por lo que habrá que establecer la horquilla de datos en los que es muy posible que se vaya a producir hielo, y no un valor único.

Los sensores que forman parte de una estación meteorológica y los fenómenos meteorológicos que miden son:

- Barómetro: Empleado en la determinación de la presión atmosférica.
- Anemómetro: Empleado para medición de la componente horizontal de la velocidad del viento.
- Veleta: Empleado en la medición de la dirección del viento.
- Pluviómetro: Empleado para medir la cantidad de precipitación caída.
- Sensor de calzada: Empleado para la medición continua de los distintos parámetros presentes en la superficie de la calzada como: temperatura, punto de congelación, altura de película de agua, presencia de nieve, etc.
- Visibilímetro: Empleado para medir el alcance visual.
- Detector de tipo de precipitación: Es capaz de discernir la naturaleza de la precipitación entre las siguientes: ninguna, lluvia, aguanieve, nieve y granizo.
- Sensores de temperatura y humedad.
- Piranómetro: Sirve para medir la energía emitida por el sol por unidad de área.

Los sensores de calzada deben instalarse en la calzada, mediante una perforación, de manera que no sobresalga no cree huecos en la superficie de la misma. Para su alimentación y comunicación con la estación debe realizarse una canaladura en la calzada. La experiencia arroja como una ubicación idónea de estos sensores el centro del carril derecho, que es aquél por el que, en situaciones de nevadas, circula la mayor parte de los vehículos. La instalación en arcén debe evitarse puesto que falsea de forma importante las mediciones.

## 2. Estación de toma de datos:

Donde se recogen los datos meteorológicos registrados por los diferentes sensores meteorológicos.

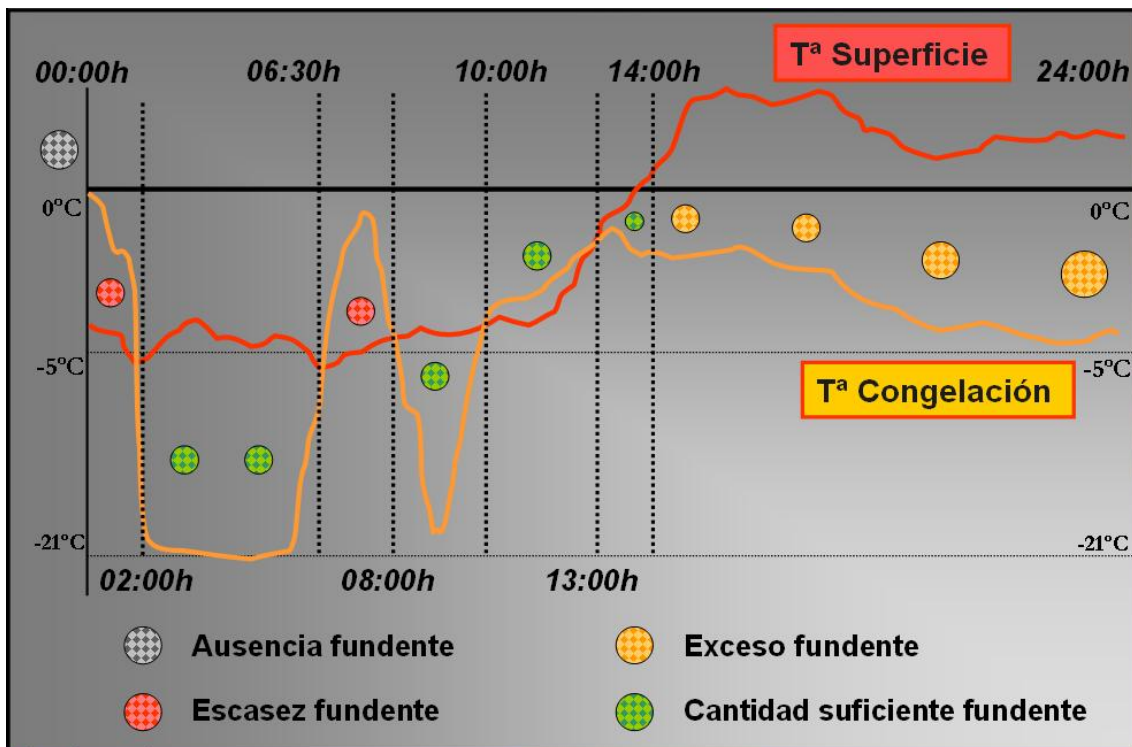
## 3. Red de transmisión de información:

Por medio de la cual los datos registrados se envían al Centro de Control.

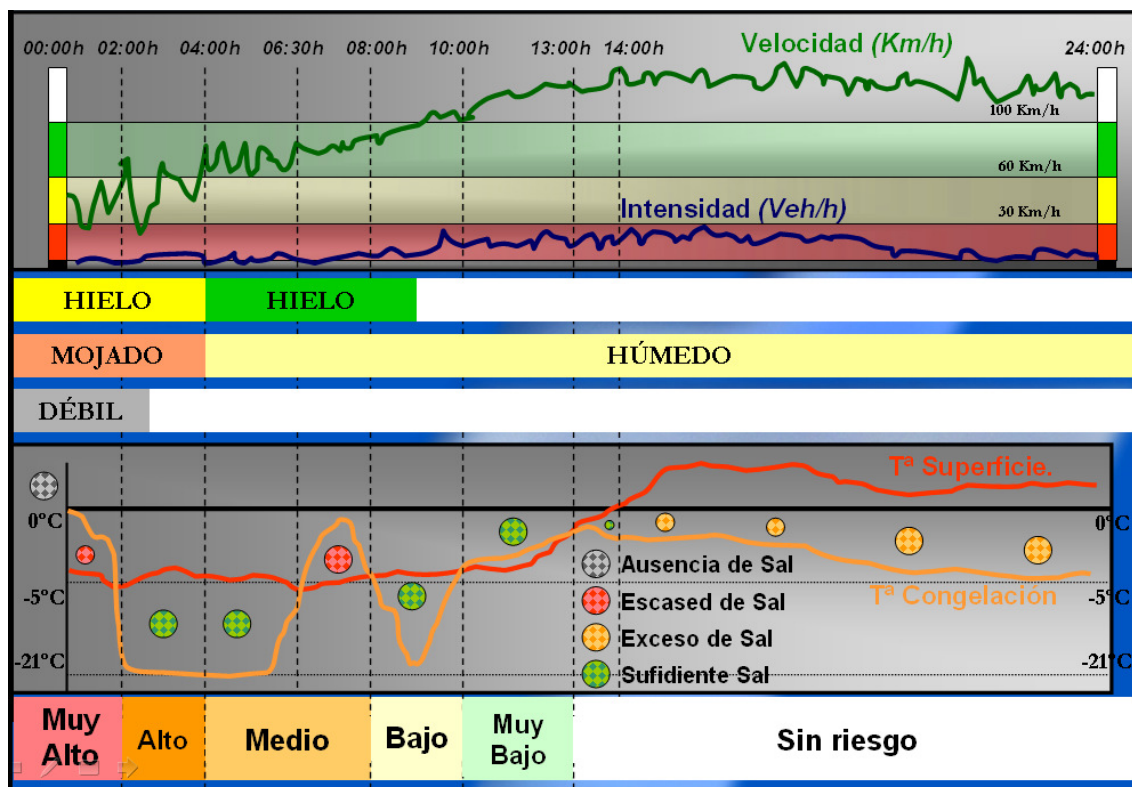
## 4. Centro de Control:

Donde se recibe y analiza la información, normalmente a través de ordenador. Para poder analizar los datos y prever la evolución del tiempo meteorológico, se necesita cierta experiencia y algunos conocimientos sobre la materia.

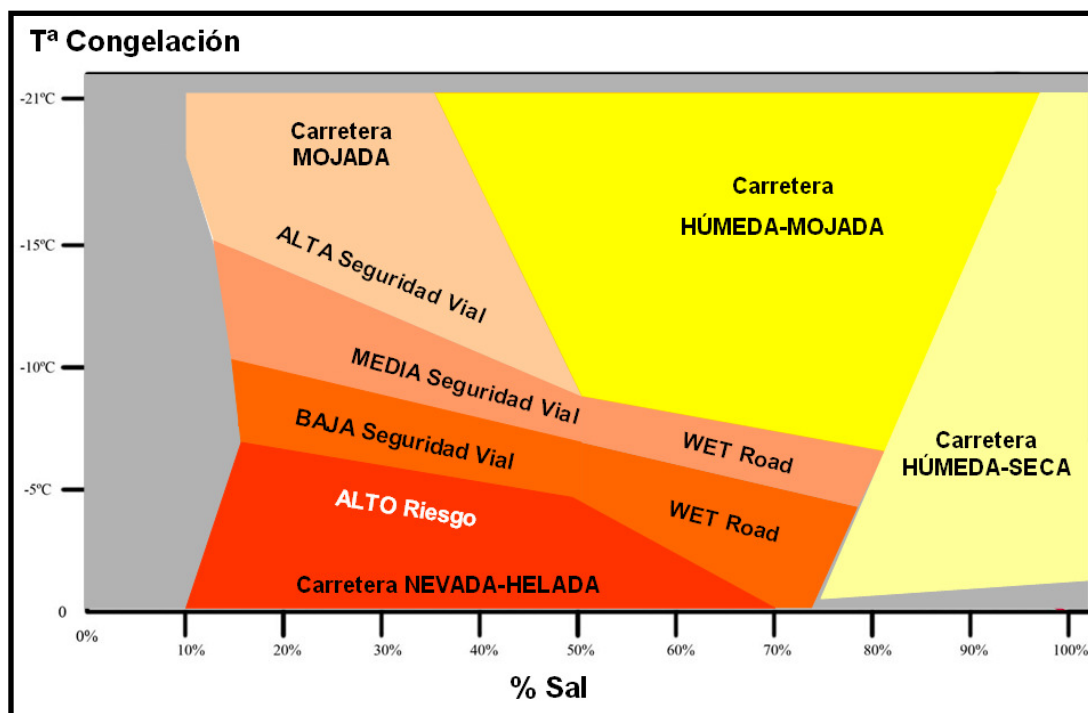
A partir de las gráficas de temperaturas y la experiencia adquirida se detecta en qué lugares es necesario extender fundente. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo práctico de análisis de fundente:



Ante la existencia de nieve y/o hielo en la calzada, dependiendo de la cantidad de fundente esparcida la velocidad de los vehículos se ve afectada.



En la siguiente imagen se puede ver el estado de la superficie de acuerdo a la cantidad de agua añadida por el fenómeno de hielo o nieve. En este gráfico también se pueden ver los umbrales de la temperatura de congelación necesaria para garantizar la seguridad de la circulación vial. Se puede comprobar que ya desde el mismo estado de superficie MOJADO podemos afirmar que no hay suficiente sal ante determinadas condiciones en las variables  $T^a$  de Congelación y % Sal, situaciones que empiezan a traducirse en un aumento del riesgo en la circulación. Finalmente, el estado NEVADO y/o HELADO es consecuencia de la falta de cumplimiento de los umbrales anteriores, y proporciona una clara evidencia de falta de fundente en la superficie y un alto riesgo de sufrir accidentes de tráfico severos.



## 6 MEDIOS DE INFORMACIÓN

Se diferenciará entre datos y previsiones, y la información que se da a los diferentes usuarios:

- Datos y previsiones: Antecedentes necesarios para llegar al conocimiento exacto de un suceso o para deducir las consecuencias de un hecho.
- Información: Comunicación de los datos procesados o analizados que permiten ampliar el conocimiento de un determinado suceso. Para que esta información sea eficaz debe reunir las características siguientes:
  - Debe ser rápida y puntual, para que pueda definirse la situación existente en cada momento y en cada tramo de la red de carreteras afectadas por los problemas específicos del período invernal.



- Debe ser exacta, transmitiendo las condiciones reales de la carretera.
- Debe ser clara y concisa, para su comprensión.
- Debe tener fácil transmisibilidad y cómoda recepción.

El usuario normalmente desea conocer la siguiente información en relación con los tramos de carretera por los que prevé circular: el estado en que se encuentra la calzada y las condiciones de circulación y del tráfico.

Actualmente se dispone de multitud de medios para hacer llegar la información sobre el estado de las carreteras a los ciudadanos: televisión, emisoras de radio, teléfono 900, videotexto, teletexto, Internet / Infovía, RDS/TMC, GSM mensajes cortos, mensajes en twitter, aplicación APP de la DGT, radio tráfico, etc. Estos sistemas requieren que el interesado se conecte a ellos para recibir la información y son los mismos que se emplean en la difusión de cualquier información de tráfico y que se describen con detalle en el tema correspondiente. Sin embargo, los Paneles de Mensajes Variables sí permiten una información directa y además en el terreno con los ciudadanos.

La DGT ofrece un mapa con el estado de las carreteras en España según el nivel de circulación e incluso ofrecen listados de carreteras afectadas o cortadas por nieve / hielo en los temporales de invierno, pero como alternativa también contamos con **MeteoRuta para consultar la previsión de El Tiempo en carretera con antelación.**

**MeteoRuta** es la herramienta que ofrece la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) para el servicio meteorológico de la circulación vial. En MeteoRuta se proporciona información de distintas variables meteorológicas que afectan a la conducción (lluvia, nieve, viento, temperaturas bajas) y su evolución temporal horaria para las próximas 24 horas.

Es decir, podemos saber la previsión del Tiempo en carreteras o ver el estado del tiempo para viajar en alguna ruta por España. Esta herramienta se lanzó a principios del año 2014.

Hay herramientas que te permiten calcular la ruta de viaje obteniendo múltiples datos para tu itinerario de viaje como, por ejemplo, Guía Campsa / Repsol o Vía Michelin, pero también se puede utilizar MeteoRuta si sólo deseas saber el tiempo en la ruta de viaje.

Tienes que visitar la web de MeteoRuta España (<http://meteoruta.aemet.es>) y acceder al botón «Calcula Tu Ruta» o entrar directamente en la dirección [meteoruta2.aemet.es](http://meteoruta2.aemet.es) para indicar la ubicación de origen junto a tu destino y la hora de salida de viaje. Podrás ver un mapa con la ruta marcada y tramos que podrían ser de diferente color reflejando las condiciones meteorológicas previstas a lo largo del trayecto. Obtendrás el pronóstico del tiempo detallado para cualquier punto de la carretera en donde hagas click.

Asociados a los niveles de circulación definidos por la Dirección General de Tráfico (Verde, amarillo, rojo y negro), se establecen los lugares o tramos de vía con riesgos y las recomendaciones para los conductores. A continuación se relacionan algunos ejemplos de estas recomendaciones:

Nivel de circulación	Riesgo	Recomendación
NEGRO	Quedar inmovilizado en la vía	No abandonar el vehículo si no se está seguro de encontrar un refugio
ROJO	Variaciones de adherencia en el pavimento	Empleo de cadenas
AMARILLO	Tramos señalizados como calzada deslizante, zonas húmedas y sombrías.	Aumentar la distancia de seguridad
VERDE	Zonas altas	Estar muy vigilantes.

En la fase de alerta se informará sobre la previsión de nevadas, indicando claramente la cota prevista de nieve y sugiriendo la necesidad de realizar el viaje provisto de cadenas, así como evitar aquellos viajes innecesarios.

En la fase de operación, cuando las incidencias meteorológicas afecten a un número reducido de áreas (hasta 10 puertos de montaña o tramos de carretera con problemas de vialidad), se informará pormenorizadamente de cada uno de ellos. Si el número de áreas afectadas fuera mayor, en las intervenciones por radio, se diferenciará entre las zonas con problemas de la red principal de carreteras (Carreteras del Estado) y la red secundaria. La información varía en función del tiempo permitido de conexión. En cualquier caso, para los puntos de la red principal, se indicarán cuales son los puertos de montaña o tramos de carretera afectados y provincias donde se encuentran. En la red secundaria, como mínimo, se informará sobre el número de puertos de montaña o tramos con problemas y las provincias donde se encuentran.

### ANEXO AL TEMA 23 DE LA PARTE 3

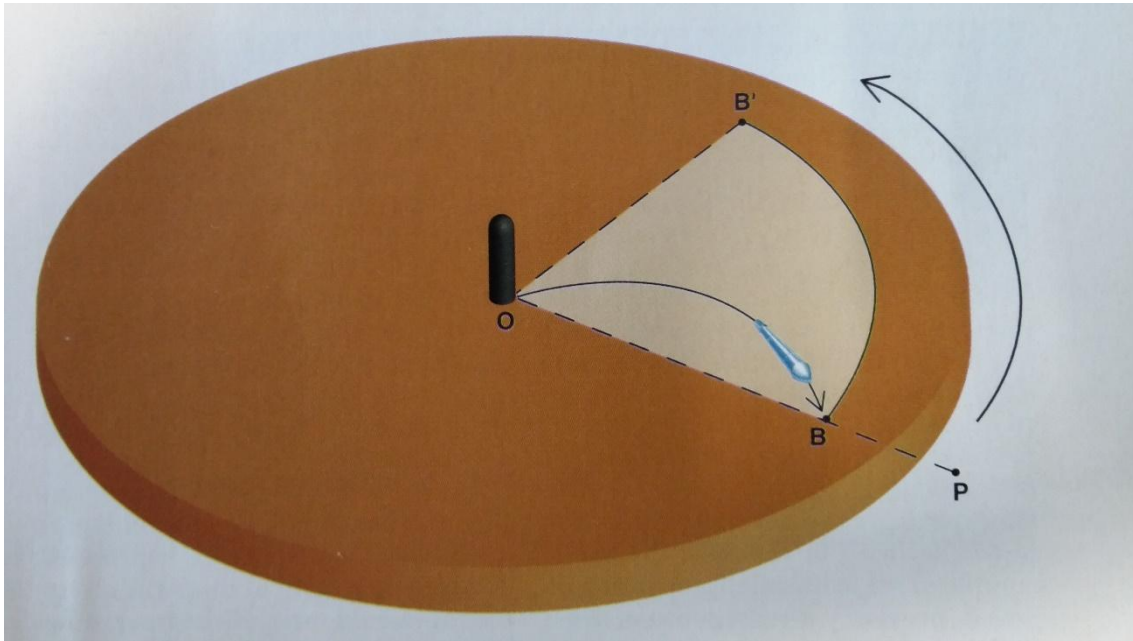


Ilustración 1

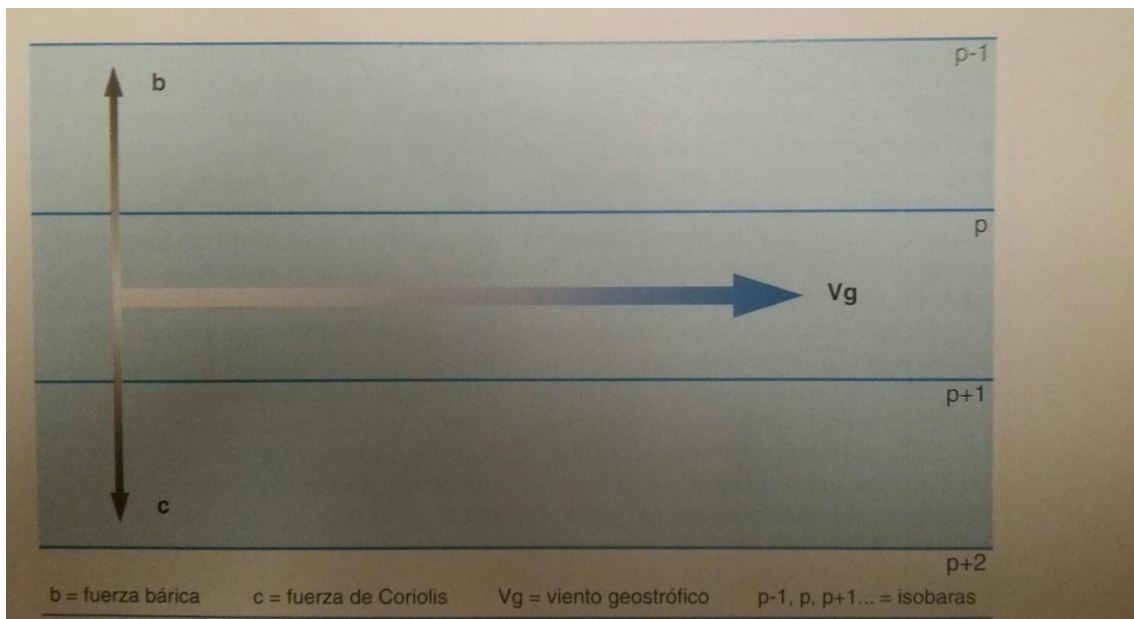


Ilustración 2

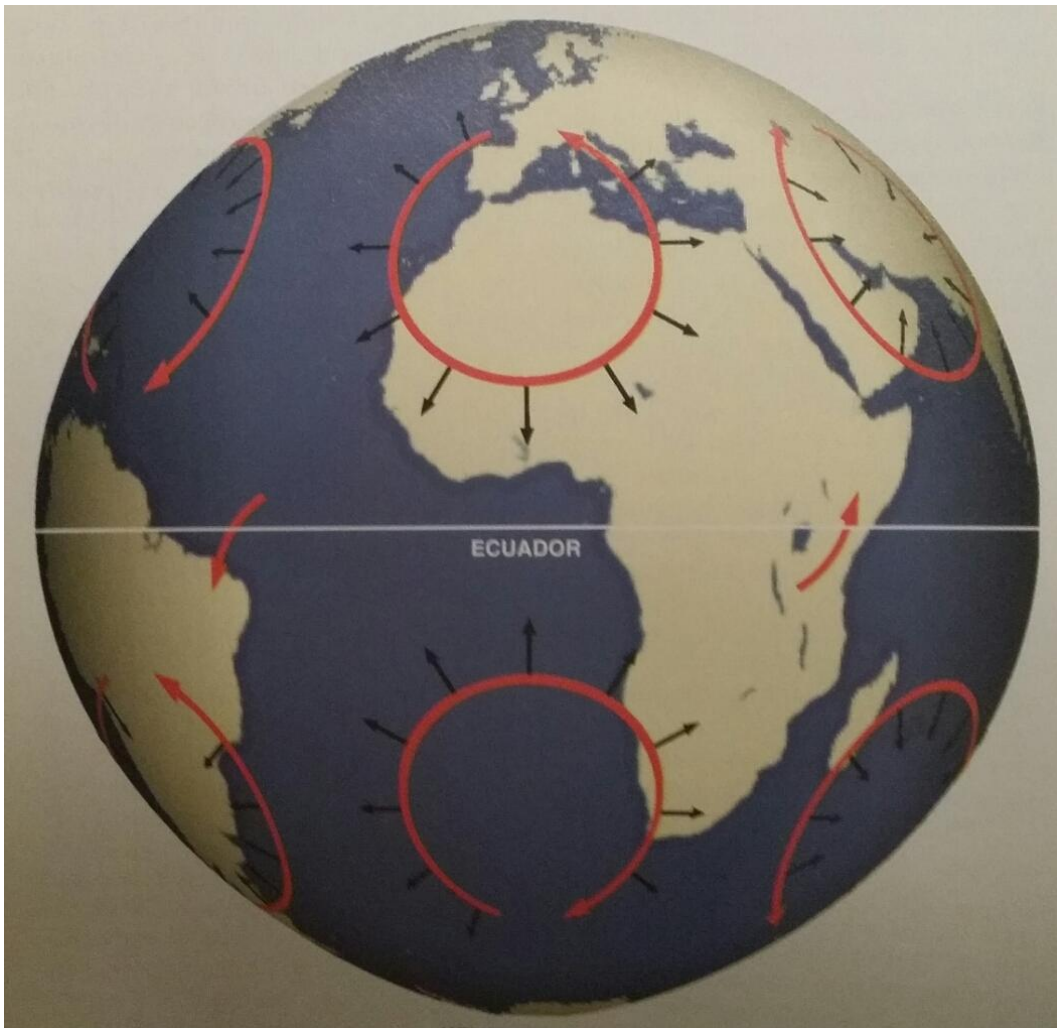


Ilustración 3

