

Implementación del sistema PIMET: un cambio de paradigma en el SMN

Nota Técnica SMN 2022-124

Marcos Saucedo¹

¹ *Dirección de Pronóstico del Tiempo y Avisos, Dirección Nacional de Pronósticos y Servicios para la Sociedad, Servicio Meteorológico Nacional*

Marzo 2022

Información sobre Copyright

Este reporte ha sido producido por empleados del Servicio Meteorológico Nacional con el fin de documentar sus actividades de investigación y desarrollo. El presente trabajo ha tenido cierto nivel de revisión por otros miembros de la institución, pero ninguno de los resultados o juicios expresados aquí presuponen un aval implícito o explícito del Servicio Meteorológico Nacional.

La información aquí presentada puede ser reproducida a condición que la fuente sea adecuadamente citada.

Resumen

Este trabajo hace un repaso acerca de las características del nuevo sistema de pronóstico y alertas meteorológicos luego de la implementación de la Plataforma Integral Meteorológica (PIMET) en el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). También se comparan las características del sistema PIMET con su predecesor, remarcando las mejoras realizadas.

Además se detalla el proceso de implementación desde su inicio en 2015 como un proyecto de alertas gráficas, pasando por las externalidades que fueron modificando el proyecto hasta su concreción a finales de 2020. De todo este proceso se extrae una serie de lecciones aprendidas.

Abstract

This work makes a review of the characteristics of the new meteorological forecast and warning system after the implementation of the Integral Meteorological Platform (PIMET) in the National Weather Service of Argentina. Also a comparison of the characteristics of the PIMET system with its predecessor system is made, making special focus in the improvements made.

Besides this, in the present work we give a detail of the implementation of the new system since its beginning in 2015 as a graphical warning project, passing through different externalities which modified the project until its final concretion at the end of 2020. A series of learnt lessons is extracted from all the described process.

Palabras clave: Sistema de pronóstico, SAT, PIMET

Citar como:

Saucedo, M, 2022: Implementación del sistema PIMET: un cambio de paradigma en el SMN. Nota Técnica SMN 2022-124.

1. INTRODUCCION

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es el organismo responsable de la emisión de avisos meteorológicos ante eventos meteorológicos que pueden suponer un riesgo para la vida y los bienes de la población (Decreto 1432, 2007¹). El SMN cumple con esta misión mediante la emisión de pronósticos, alertas, advertencias y avisos meteorológicos a muy corto plazo (ACP) que se elaboran de forma diaria y se emiten a la población en general, junto con autoridades a nivel nacional, provincial y municipal encargados de la protección civil, entre otros.

Los alertas meteorológicos en particular se elaboran de forma rutinaria en el SMN desde finales de 1993. Previamente a esta fecha se elaboraban alertas e informes especiales como parte de un sistema de alertas y alarmas meteorológicas, los cuales se emitían en forma muy esporádica para situaciones meteorológicas extremas que se difundían únicamente a través de la agencia Télam. A principios de la década de 1990 el SMN fue firmando convenios con diferentes organismos, lo que hizo que los alertas cobraran mayor relevancia como producto y propiciando que los mismos comiencen paulatinamente a emitirse de forma más frecuente. De este modo podemos ubicar el comienzo de los alertas meteorológicos como un producto sustancial para la institución en el año 1993. El último gran cambio implementado en los pronósticos y avisos especiales fue el 30 de noviembre de 2020, cuando se implementó el actual Sistema de Alerta Temprana (SAT), lo cual marcó un hito en la historia de la institución, ya que se trató del mayor cambio de productos en más de 25 años. Este nuevo sistema de pronósticos y alertas está basado en la Plataforma Integral Meteorológica (PIMET), un software de la empresa Meteo France International cuyo nombre comercial es Meteofactory (Saucedo, 2018).

Este hito en la institución fue el fruto de un largo trabajo no exento de marchas y contramarchas, como así también de cambios en planes y dificultades que marcaron un camino arduo pero muy fructífero al fin. Este camino inició con un proyecto original menos ambicioso que el alcanzado a fines de 2020, y sólo consistía en generar y emitir alertas meteorológicos en forma gráfica. Dicho proceso llevó poco más de 5 años hasta su concreción final. A lo largo de este tiempo el proyecto sufrió cambios y a su vez estuvo signado por escollos que por lo general tendieron a ser subestimados en no pocas oportunidades y también por externalidades que fueron condicionando la concreción del mismo. A modo de ejemplo podemos enumerar la mudanza desde la sede 25 de Mayo a la sede Dorrego durante el año 2017, y la irrupción de la pandemia de coronavirus durante el año 2020 como los más destacados. También podemos mencionar otros factores que son más propios del SMN, como por ejemplo la escasez de personal para llevar adelante proyectos de gran envergadura. Hubo también otras externalidades que si bien generaron un pequeño paréntesis en el proyecto, contribuyeron positivamente a la concreción final del mismo. El ejemplo más claro de este tipo fueron los Juegos Olímpicos de la Juventud Buenos Aires 2018, en el cual el SMN brindó un servicio especial para el desarrollo de la competición (Ishikame y otros, 2019).

Como suele ocurrir en muchos casos, la magnitud de los cambios logrados a lo largo de este camino no se aprecian en su totalidad sino hasta que el proceso llega a su fin. Este caso no fue la excepción. Ciertamente el desafío fue tan importante, al punto tal que en su derrotero intervinieron 15 áreas del SMN para lograr su concreción.

De esta manera, la presente nota técnica intenta hacer un repaso de cómo fue todo el proceso, con la idea de resaltar las lecciones aprendidas para proyectos futuros, y quizás contribuir también a ver los acontecimientos que frustran o retrasan la concreción de metas no como algo necesariamente malo, sino más

¹ <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=133371>

bien como un proceso inevitable de aprendizaje que muchas veces permite mejorar el proyecto o bien detectar errores iniciales de estimación y por ende corregirlos. Obviamente en la concreción del mismo hay errores que pueden no ser del todo detectados sino en la instancia final, o bien cuando el producto final ya está operativo. Este tipo de hechos también se dieron en este proyecto, y por tal motivo, motiva correcciones pos implementación.

Esta nota técnica está ordenada de la siguiente manera. En el capítulo 2 se describen los cambios logrados con la implementación del sistema de pronósticos y alertas, con una descripción detallada de las características del sistema del pronóstico y alertas previos y posteriores a la implementación. En el capítulo 3 se detallan las acciones realizadas en forma cronológica para la implementación del SAT. La reconstrucción de esta cronología con sus fechas correspondientes está basada en la revisión de mails y presentaciones realizadas en el transcurso de los años. Asimismo, esta cronología tiene una gran contribución en base a la memoria del responsable principal del proyecto. En el capítulo 4 está reservado para el análisis del status actual y futuras mejoras a realizar de todo el sistema. Finalmente el capítulo 5 presenta algunas conclusiones y lecciones aprendidas de todo este proceso.

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRONÓSTICOS Y SAT PREVIO Y POSTERIOR A PIMET

2.1 Pronósticos y SAT previo a la implementación de PIMET

El sistema previo a la implementación de PIMET se caracterizaba por ser de tipo manual. Esto significa que la generación de pronósticos y alertas meteorológicos dependía por un lado del trabajo de un pronosticador quien elaboraba su pronóstico en un mapa utilizando lápiz, papel y goma, para luego pasárselo a un auxiliar de pronóstico quien cargaba la información en un software especialmente diseñado. Cabe destacar que este sistema estaba en funcionamiento en el SMN desde la década de 1990 con un desarrollo propio del organismo. Al momento del inicio del proyecto de mejora de los pronósticos y alertas la persona responsable de dicho desarrollo ya no se encontraba en el organismo desde hacía varios años, lo cual impedía cualquier mejora que se deseara realizar en base a esta herramienta, debido a que se desconocía el código de desarrollo del mismo. Únicamente se podía garantizar que el mismo corriera de forma rutinaria, siempre y cuando lo hiciera en servidores y sistemas operativos no muy avanzados. Es decir que nos encontrábamos utilizando un sistema obsoleto, que desde hacía alrededor de 20 años no tenía mejoras, y sin posibilidades de desarrollo o mejora del mismo. Este hecho implicaba que cualquier mejora que se deseara realizar en la información de pronósticos y alertas para el público general requeriría necesariamente un cambio de software o sistema informático.

En lo que refiere al sistema de pronóstico meteorológicos, el mismo estaba basado en un conjunto de estaciones oficiales del SMN, por lo que el pronosticador para elaborar los pronósticos podía dividir la Argentina en las regiones que deseara, pero debía respetar la regla de que para cada una de las áreas de pronóstico hubiera al menos una estación oficial dentro de dicha área. En la Figura 1 vemos un ejemplo de un pronóstico elaborado por este sistema, en el cual el pronosticador escribía en texto claro, agregando abreviaturas y algunas simbologías de las condiciones del tiempo, la nubosidad y la intensidad y dirección del viento en cada una de las regiones delimitadas. Esta información era luego interpretada por el auxiliar de pronóstico y procedía a cargarla al software utilizando un listado de localidades para cada provincia y tipeaba

El pronóstico elaborado tenía un plazo de hasta 96 horas para todo el territorio argentino. El pronóstico en las primeras 24 horas lo elaboraba el pronosticador principal y era el que mayor detalle tenía en cuanto a regiones y parámetros indicados, ya que incluía información del estado del tiempo con fenómenos previstos, temperatura máxima y mínima y vientos. Para los días 2, 3 y 4 se elaboraba un pronóstico más escueto que únicamente indicaba las condiciones meteorológicas esperadas sin información de otros parámetros (ver lado derecho de la Figura 2). Esta parte del pronóstico era elaborada por un pronosticador auxiliar, quien además era el responsable de la elaboración del pronóstico de temperatura máxima y mínima a 24 horas para 60 localidades de la Argentina, las cuales se extrapolaban a otras localidades del país en función de la regionalización realizada por el pronosticador principal.



Fig. 2: Ejemplo de un pronóstico para la localidad de Santa Rosa del año 2018. Notar la descripción detallada del pronóstico para el día en curso (del lado izquierdo) y la extensión del pronóstico hasta 96 horas (del lado derecho).

Además de la elaboración del pronóstico y eventuales alertas, dentro de la rutina del pronosticador principal existían una serie de productos adicionales que debían realizarse a determinados horarios. Los más importantes que podemos mencionar son el pronóstico marítimo en la región de la Metarea VI (https://www.smn.gov.ar/zonas_costeras) y los pronósticos fluviales del Río de la Plata que eran responsabilidad del pronosticador principal, y que a determinados horarios interrumpía el proceso de elaboración del pronóstico para proceder a un dictado al auxiliar para la elaboración de dichos pronósticos. Actualmente el boletín marítimo de la Metarea VI continúa elaborándose de esta manera.

En líneas generales podemos decir que la rutina de trabajo de los pronosticadores consistía en un trabajo de tipo secuencial, con horarios de elaboración y emisión de diferentes productos, el cual también estaba condicionado por el tiempo de trabajo de los auxiliares de pronóstico para cargar todos los pronósticos y alertas y difundirlos a través de la web y otros medios dentro de los horarios previstos. Por lo general el volumen de información a cargar era mayor en el turno diurno, por lo que se requería de 2 auxiliares en el turno diurno y solamente uno era necesario en el turno nocturno.

Este sistema tenía entre sus mayores debilidades una cantidad limitada de regiones para definir el pronóstico, lo cual impedía muchas veces brindar mayores detalles acerca de fenómenos locales. Por ejemplo, en situaciones de nevada sobre las sierras de Córdoba, no se podía indicar la ocurrencia de dicho fenómeno en el pronóstico, ya que el único modo de hacerlo implicaba poner a la localidad de Córdoba Capital con pronóstico de nevadas, siendo que las mismas no se registrarían en la ciudad, amén de que no serían consistentes con el pronóstico de temperaturas indicado para dicha localidad. Otro punto débil era que este pronóstico debía ser cargado en forma manual por un auxiliar, quien podía por ejemplo asociar erróneamente una localidad con el pronóstico indicado por el pronosticador, cuando no indicar el ícono incorrecto (por ejemplo un ícono de nevada en lugar de uno de lluvia con temperaturas bien por encima de 0°C). Como además no existía un sistema interno de consistencia que permitiera detectar estos errores antes de su

publicación en la página web, un error humano en el proceso de carga repercutía en un gran impacto negativo para la institución en diferentes medios de comunicación local como así también en redes sociales.

Por el lado del SAT el formato consistía en un texto que indicaba las áreas involucradas por el aviso delimitando provincias o porciones de las mismas, junto con una descripción de los fenómenos previstos para cada región. Finalmente se indicaba el momento de la próxima actualización del aviso de alerta. Al mismo tiempo los alertas tenían un título del fenómeno previsto y un adjetivo como intensas, fuertes, severas, persistentes, etc. Por ejemplo era común encontrar títulos tales como Tormentas fuertes, Lluvias intensas, Nevadas persistentes o Vientos intensos, entre otros. Una limitación con respecto a los títulos de los alertas es que no podían coexistir 2 o más alertas con el mismo título por una restricción que imponía el sistema informático utilizado. En la Figura 3 se muestra un ejemplo de un alerta meteorológico emitido en 2016, allí se visualizan las distintas partes mencionadas anteriormente.

AVISO ALERTA METEOROLOGICO N° 1 (00:00 HOA)

CENTRO Y NORTE DE BUENOS AIRES. SUDESTE DE CÓRDOBA. SUR DE ENTRE RÍOS.
NORESTE DE LA PAMPA. SUR DE SANTA FE. CIUDAD AUTONOMA DE BUENOS AIRES
Y RIO DE LA PLATA.

TORMENTAS FUERTES O SEVERAS

SE ESPERA QUE SE DESARROLLEN CHAPARRONES Y TORMENTAS AISLADAS EN EL
AREA DE COBERTURA ENTRE LA MADRUGADA Y LA MAÑANA DEL DIA DE HOY LUNES
12.

HACIA EL MEDIODIA SE ESTIMA UNA GENERALIZACIÓN E INTENSIFICACIÓN DE
ESTAS TORMENTAS, AVANZANDO DE SUDOESTE A NORESTE A TRAVES DEL AREA DE
COBERTURA. ENTRE LA TARDE Y LA NOCHE ALGUNAS DE ELLAS PODRÍAN ALCANZAR
INTENSIDAD FUERTE O SEVERA, ACOMPAÑADAS FUNDAMENTALMENTE POR CAÍDA DE
GRANIZO E INTENSAS RÁFAGAS, ADEMÁS DE LLUVIAS FUERTES EN CORTOS
PERIODOS DE TIEMPO Y FUERTE ACTIVIDAD ELECTRICA.

LOS FENOMENOS MAS SIGNIFICATIVOS SE ESPERAN A PARTIR DE LA TARDE SOBRE
EL NORTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, CIUDAD AUTONOMA DE BUENOS
AIRES, RIO DE LA PLATA Y SUR DE ENTRE RIOS.

Buenos Aires, lunes 12 de septiembre de 2016
ESTE INFORME SE ACTUALIZARA A LAS 06:00 HORAS

Fig. 3: Aviso de Alerta meteorológico emitido el 12 de septiembre de 2016 a las 00 hs.

Los pronósticos y los alertas estaban vinculados entre sí, como es de suponer. En general, bajo alertas por lluvias, tormentas o nevadas el pronóstico contemplaba estos fenómenos, con el agregado de que los mismos podían ser fuertes.

Los alertas meteorológicos por lo general se emitían con un plazo máximo de hasta 24 horas de anticipación al evento meteorológico, y podían emitirse en cualquier momento del día. Una vez que se iniciaba un aviso de alerta, típicamente los avisos de alerta se actualizaban cada 6 horas y excepcionalmente se actualizaban antes de dicho plazo si las condiciones meteorológicas lo requerían. Como mencionamos anteriormente, todos los alertas se emitían con un título particular, el cual se conservaba mientras duraba la situación. Asimismo, los mismos se numeraban en forma correlativa en la medida que el mismo se iba actualizando cada 6 horas. Todos los alertas comenzaban indefectiblemente con el número 1, indicando que era el primer aviso que se emitía con respecto a la situación en cuestión. Cuando la intensidad del fenómeno meteorológico

decrecía y se consideraba que no era necesario continuar con el aviso de alerta, se emitía un aviso de cese de alerta.

En forma excepcional y para situaciones donde la intensidad de los fenómenos fuera excepcional, se emitía un preaviso de alerta con plazos mayores a 24 horas y de hasta 48 horas. Este preaviso era de un formato similar al aviso de alerta, pero la diferencia principal era que este preaviso sólo se informaba en forma reservada a tomadores de decisión, no se informaba al público en general.

Finalmente, y para situaciones de fenómenos persistentes como eventos de altas o bajas temperaturas, nieblas o lluvias, se emitía un Informe especial de características similares a los avisos de alerta y que por lo general se actualizaba cada 24 horas.

Entre las grandes desventajas que tenía este sistema, además de la mencionada previamente acerca de los títulos, podemos mencionar el hecho de que el sistema, al no ser gráfico y al ser las áreas más pequeñas porciones de una provincia sólo denotado por expresiones como norte de, o sur de, utilizadas a criterio del pronosticador, era ambiguo y se prestaba a múltiples interpretaciones. Este hecho en particular fue el que motivó el inicio del proyecto de alertas gráficos que se detalla en la próxima sección. Sin embargo, también existían otros inconvenientes con este sistema, como por ejemplo la dificultad de poder diferenciar entre situaciones muy excepcionales en cuanto a intensidad de otras particularmente intensas pero no excepcionales. Es decir, no había nada en el alerta que indicara que un evento fuera más peligroso que otro, fuera de los rangos de intensidad del fenómeno previsto que no siempre se utilizaban (ver por ejemplo la Figura 2, donde no aparecen referencias numéricas en cuanto a la intensidad del fenómeno). Asimismo, cuando comenzaba un evento, era muy difícil prever en base a la información suministrada, cuál era el momento previsto de finalización del evento, ya que había que esperar al aviso de cese de alerta que por lo general podían darse varios días después. Finalmente, también existía la posibilidad de que como los textos de los alertas se tipeaban, pudieran aparecer errores involuntarios, incluso en la intensidad prevista de los fenómenos, que podían alarmar en demasía al receptor, ya que no se contaba con un sistema de autocorrección de texto. Puede imaginar el lector el impacto que este tipo de errores podía llegar a tener en la imagen de la institución.

Los alertas meteorológicos se publicaban en la página web y se enviaban por fax principalmente a Protección Civil Nacional y Prefectura Naval Argentina a través del departamento de Comunicaciones, como así también a través del circuito aeronáutico AMHS (ATS Message Handling System). Además, los alertas meteorológicos se enviaban por mail a una lista de destinatarios, por lo general autoridades de protección civil nacionales, provincias y municipales de todo el país, medios de comunicación, Prefectura Naval, entre otros. En total había más de 100 destinatarios. Uno de los inconvenientes que tenía este medio de envío es que se enviaban los alertas para todos los usuarios sin personalizarlos según la región de cada uno de los destinatarios. Esto provocaba un enorme tráfico de mails para destinatarios que no estarían afectados por los alertas. Como complemento de los envíos mencionados, el pronosticador comunicaba la emisión de un nuevo alerta a través del sistema VHF a la Protección Civil Nacional. Finalmente, en casos de alertas para la provincia de Santa Fe se hacía una comunicación telefónica con la defensa civil de esa provincia comunicando la novedad.

2.2 Sistema de pronósticos y alertas basados en PIMET

El nuevo sistema de pronósticos y alertas meteorológicos es el producto de un desarrollo iniciado en 2017 y que fue implementado por etapas durante los años 2019 y 2020, aunque su implementación aún no fue del todo completada. Este sistema está basado en una herramienta informática llamada Meteofactory (MFY), desarrollada por Meteo France International, una empresa del servicio meteorológico francés. La herramienta MFY fue rebautizada en el SMN por PIMET durante el 2018, haciendo alusión al abordaje de ciencia exacta de los pronósticos meteorológicos (ver Sección 3).

Los nuevos pronósticos meteorológicos oficiales se implementaron internamente el día 8 de mayo de 2019, y se vieron por primera vez en la página web del SMN al día siguiente. Los pronósticos pasaron a contener información a 7 días de plazo, con 4 ventanas temporales en las primeras 48 horas de plazo (períodos madrugada, mañana, tarde y noche), y 2 ventanas (períodos madrugada/mañana y tarde/noche) en los plazos de 60 a 168 horas (día 3 a 7). En cada ventana temporal se brinda información del estado del tiempo y fenómenos, temperatura y viento (velocidad, dirección e intensidad de las ráfagas). Si bien con este cambio se agregan más variables y se brindan más detalles temporales, se elimina el formato texto que caracterizaba el sistema anterior (y que en algún punto se lo puede considerar una pérdida al no poder brindar más detalles en cuanto a fenómenos), haciendo un formato más visual. Un ejemplo de un pronóstico con el sistema PIMET se puede visualizar en la Figura 4.



Fig. 4: Pronóstico meteorológico para la localidad de Valcheta del día 17 de diciembre de 2021.

El modo de elaboración de estos pronósticos cambió sustancialmente. En primer lugar se eliminó el formato papel, ya que el pronóstico pasó a elaborarse a través del sistema PIMET, que esencialmente es un sistema informático en el cual el pronosticador elabora su pronóstico combinando información de modelos numéricos con su propia experticia. Además, permite el trabajo en simultáneo de varios pronosticadores. Por otro lado, este sistema realiza el envío de información a diferentes usuarios. En consecuencia, se elimina el proceso de carga manual del pronóstico del sistema anterior, lo cual posibilitó que los auxiliares de pronóstico pudieran ser asignados a tareas donde su experticia se hiciera indispensable. Con este cambio se aumentó también la cantidad de regiones de pronóstico, que a diferencia del sistema anterior, pasaron a ser fijas. El número de áreas en total aumentó a 171, lo que en promedio representa aproximadamente el doble de la cantidad de

áreas en que se dividía el pronóstico con el sistema anterior en términos medios. Asumiendo que en el sistema anterior el pronóstico se dividía en 90 sectores, la cantidad de variables definidas en un pronóstico de rutina era alrededor de 2880. Con el aumento de áreas del nuevo sistema y la extensión del plazo de pronóstico, se pasaron a definir 18468 variables en un pronóstico de rutina. Es decir, el sistema PIMET incrementó en poco más de 6 veces la información suministrada. Este hecho obligó a incrementar el número de pronosticadores por turno, pasando de 2 a 3 en el turno diurno, lo cual obligó con el tiempo a incorporar personal, además de modificar la rutina de trabajo.

En un turno diurno, los 3 pronosticadores se dividen el territorio argentino en respectivos dominios. Uno es el dominio Patagonia que abarca todo el territorio al sur del Río Colorado junto con las Islas Malvinas. Además del pronóstico y los alertas, el pronosticador en este dominio es responsable de la elaboración del pronóstico marítimo del sector de la Metarea VI. Otro dominio es el de Cordillera, que abarca todas las provincias de la región de Cuyo y el NOA, sumando a la región de Traslasierra de Córdoba. Finalmente tenemos el dominio Llanura, que abarca toda la región de la Llanura Pampeana y del Chaco, más la región de la Mesopotamia. Este último es el dominio de mayor extensión y por ende el de mayor carga de trabajo, pero en contrapartida en términos de orografía es el de menor complejidad. Además, el pronosticador del dominio Llanura tiene la responsabilidad del Río de la Plata. Cabe mencionar que con este sistema los pronósticos fluviales ya no se dictan como en el sistema anterior, sino que se generan automáticamente a partir de la información cargada por el pronosticador. Esto significa que con un mismo input el pronosticador puede elaborar y difundir varios productos en simultáneo y no requiere de un trabajo secuencial que caracterizaba al sistema anterior, brindándole por tanto más tiempo para elaborar el pronóstico.

Este sistema de pronóstico cuenta además dentro de la plataforma con una serie de controles de consistencia de información. El control de consistencia funciona como una red de contención para el pronosticador a fin de evitar errores involuntarios (y por ende el impacto negativo ante los usuarios), siendo que por pronóstico genera información de alrededor de 6000 variables, y es posible que exista alguna inconsistencia dentro del pronóstico. Esta serie de reglas de consistencia que PIMET controla en cada pronóstico implica necesariamente el establecimiento de una serie de reglas en la confección de los pronósticos. Por ejemplo, a plazos más largos se evita indicar condiciones de lluvia o tormenta, y en general se indica con la posibilidad de lluvias o tormentas aisladas, o también probabilidad de precipitación mayor a 40% o intensidades de viento y ráfaga mayores a 35 kt. Esto se hace teniendo en cuenta la incertidumbre inherente a los plazos mayores y por ende para evitar cambios demasiado bruscos en el pronóstico en las sucesivas actualizaciones. Todas las reglas que deben seguir los pronosticadores y que el sistema PIMET controla están detalladas en el Anexo I.

A modo de resumen se presenta en la Tabla I una comparación entre los dos sistemas de pronóstico con las características más importantes.

El sistema de alertas y advertencias consta de tres secciones: una parte gráfica en donde se detallan las áreas bajo aviso a nivel departamental y/o sub departamental (según las divisiones de áreas del sistema PIMET con zonas de montañas, cordillera, serrana y/o costera) (ver Sección 3 para más detalles); una segunda parte que detalla los periodos de vigencia de cada tipo de alerta y finalmente una sección de descripción del fenómeno y recomendaciones de acción (Figura 5). Este sistema abarca los fenómenos de lluvia, tormenta, viento, viento zonda y nevadas, las cuales se clasifican según niveles de severidad (color verde: situación sin alerta, y colores amarillo, naranja y rojo de sucesivo aumento de severidad). Para el establecimiento del nivel de alerta se utilizan una serie de umbrales de intensidad del fenómeno y en algunos casos se tiene en cuenta también la presencia de factores adversos que puedan incrementar el impacto del evento. Para mayores referencias en cuanto a los umbrales de alerta consultar Saucedo y otros (2021). Otra

de las características salientes de este sistema es que el plazo de alertas se extiende hasta 72 horas, siendo toda la información de acceso público.

Tabla I: Cuadro comparativo entre los sistemas de pronóstico previo y posterior a la implementación del sistema PIMET.

	Sistema de pronóstico pre-PIMET (hasta el 08/05/19)	Sistema de pronóstico PIMET (desde el 08/05/19)
Modo de realización	2 pronosticadores trabajando en diferentes plazos, realizan el pronóstico a mano en un mapa y luego uno o dos auxiliares lo cargan en un sistema informático en forma manual.	3 pronosticadores trabajando en regiones diferentes cargan el pronóstico en un sistema o plataforma informática mediante el uso de iconos y dando diferentes magnitudes de viento y temperatura, y al final del turno lo envían a los diferentes usuarios a través del sistema PIMET. No requiere la carga de un auxiliar.
Plazo de pronóstico	96 horas con 2 períodos por día	168 horas con 4 períodos por día en las primeras 48 horas y 2 períodos hasta las 168 horas
Número de áreas	Variable, oscilante entre 75 y 90 áreas según la situación meteorológica	171 áreas fijas
Formato de pronóstico	Tipo texto junto con íconos y valores de temperatura	Gráfico con íconos y magnitud de los parámetros viento, temperatura y probabilidad de precipitación
Frecuencia de actualización	2 veces por día a las 5:30 y 17:30 para Capital Federal y alrededores, y a las 6 y 18 para el resto del país. Otros productos adicionales dedicados a la navegación fluvial se actualizan 3 veces por día a las 6, 12 y 18 horas.	2 veces por día a las 6 y a las 18 horas para todo el país, incluyendo productos dedicados a la navegación fluvial.

Dentro del sistema de alerta temprana (SAT) tenemos además las advertencias meteorológicas, las cuales tienen las mismas características de los alertas, salvo por el hecho de no contar con niveles, sino que solo cuenta con el nivel verde para denotar la advertencia inactiva, y el color violeta para advertencia activa. Los fenómenos contemplados en este sistema son los relacionados con reducción de visibilidad por niebla, polvo, humo y ceniza volcánica. También estaban contemplados dentro de las advertencias meteorológicas las situaciones de altas y bajas temperaturas. Sin embargo, en octubre de 2021 estas situaciones pasaron a estar contempladas dentro del sistema de alerta como Temperaturas Extremas por Calor (octubre de 2021) y por Frío (abril 2022) (Ver Sección 4 para más detalles).

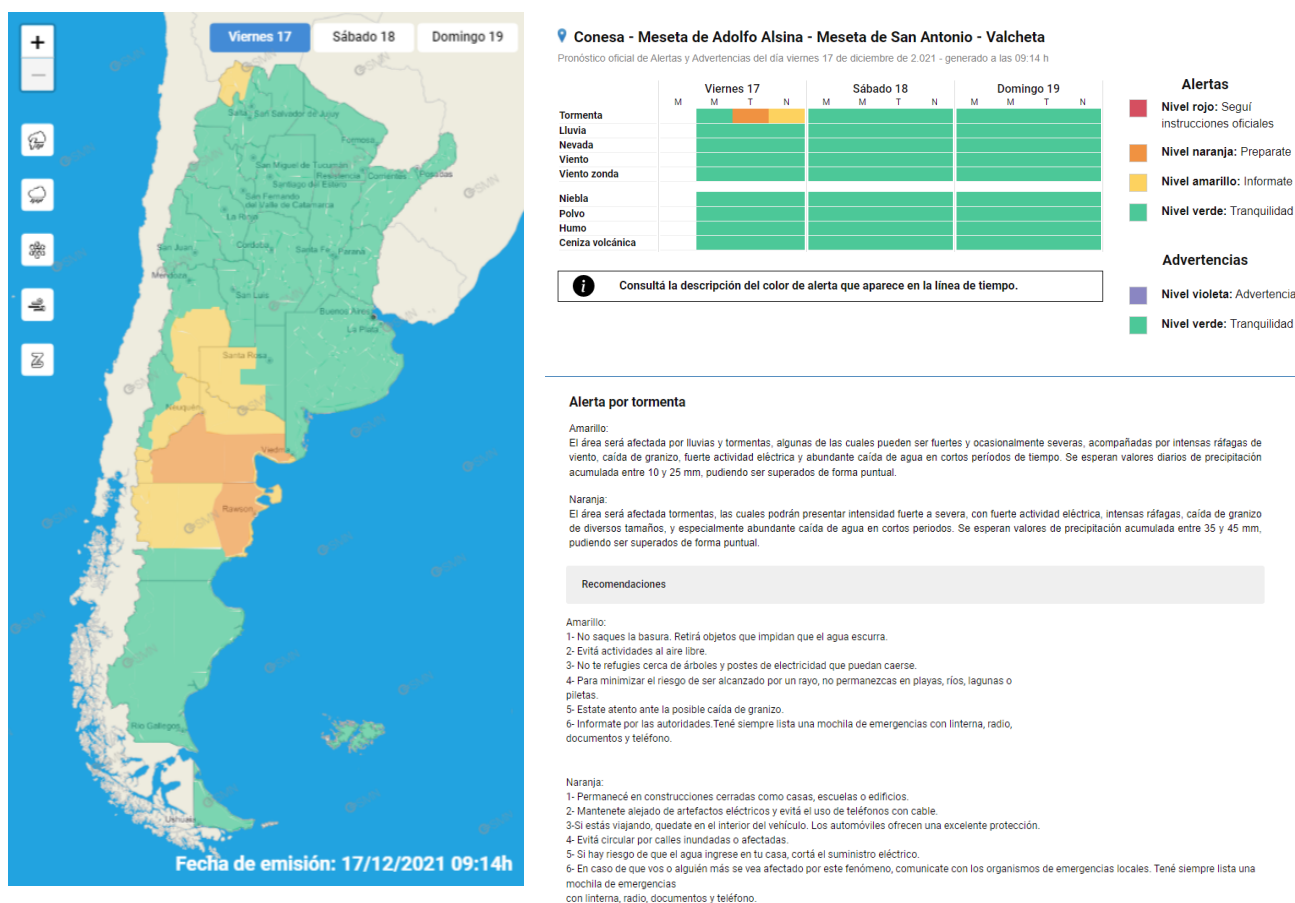


Fig. 5: Ejemplo de Alerta emitido para el día 17 de diciembre de 2021. A la izquierda se muestra el mapa con las áreas bajo alerta, mientras que a la derecha se muestra la evolución temporal del alerta con un texto descriptivo y una serie de recomendaciones para la población brindadas por la Protección Civil nacional. Notar que el área consultada en el ejemplo indica departamentos y zonas geográficas a nivel sub departamental.

Este sistema de alertas se actualiza de forma rutinaria junto con el pronóstico oficial a las 6 y a las 18 hs. Esto es una gran diferencia con el sistema anterior que no tenía forma de anticipar el momento en que se iniciaba una situación de alerta hasta que se emitía el primer aviso de alerta, y al mismo tiempo no se podía anticipar el fin del alerta hasta la emisión del cese de alerta. Por el contrario, con el sistema actual es posible para el usuario conocer con anticipación el momento de inicio y de finalización de una situación de alerta. En las Tablas II y III se resumen las características principales de cada uno de los SAT comentados en los párrafos anteriores.

Tabla II: Cuadro comparativo entre los SAT previo y posterior a la implementación del sistema PIMET.

	SAT previo a PIMET (hasta el 30/11/20)	SAT PIMET (desde el 30/11/20)
Formato de alerta	Texto explicativo con áreas afectadas definidas de forma poco precisa y títulos descriptivos con nombres diferentes a criterio del pronosticador	Gráfico con áreas predefinidas, línea de tiempo y títulos unificados por fenómeno
Plazo de anticipación	Hasta 24 horas (hasta 48 horas en el caso de preavisos de carácter reservado)	Hasta 72 horas con la información disponible para todo el público
Niveles de alerta	1 nivel	3 niveles (amarillo, naranja y rojo)
Fenómenos contemplados	Lluvias, Tormentas, Nevadas y Vientos	Lluvias, Tormenta, Nevadas, Vientos y Viento Zonda
Actualización	Cada 6 horas hasta el aviso de cese.	Cada 12 horas, salvo casos no rutinarios.

Tabla III: Cuadro comparativo entre el sistema de Informes Especiales anterior y el sistema de Advertencias meteorológicas posterior a la implementación del sistema PIMET.

	Informes especiales previo a PIMET (hasta el 30/11/20)	Advertencias PIMET (desde el 30/11/20)
Formato de aviso	Texto explicativo con áreas afectadas definidas de forma poco precisa y títulos descriptivos a criterio del pronosticador	Gráfico con áreas predefinidas, línea de tiempo y títulos unificados por fenómeno
Plazo de anticipación	Variable, por lo general hasta 72 horas con la información disponible para todo el público	Hasta 72 horas con la información disponible para todo el público
Fenómenos contemplados	Altas y Bajas temperaturas, Nieblas y otros fenómenos eventuales	Altas y Bajas Temperaturas*, y reducción de visibilidad por Niebla, polvo, humo y ceniza volcánica
Actualización	Cada 24 horas.	Cada 12 horas, salvo casos no rutinarios.

* Vigentes hasta el 13/10/2021. Las advertencias por altas y bajas temperaturas fueron reemplazadas por el sistema de alerta por temperaturas extrema por calor el día 14/10/2021 y por frío durante el mes de abril de 2022 (ver Sección 4)

Dentro del sistema PIMET existe un control de consistencia que permite al pronosticador determinar las regiones de alerta cuando elabora el pronóstico meteorológico de rutina. Cuando el pronosticador decide incluir una determinada área en un alerta por tormentas, lluvias o nevadas, simplemente debe colocar el ícono de Tormenta fuerte, Lluvia fuerte o Nevada fuerte respectivamente, y el área potencial de alerta le aparece reflejada en el módulo de alertas. Asimismo, cuando decide dar un alerta por vientos, el sistema tiene cargado los umbrales de viento mínimo de cada región que le permite determinar a priori las áreas de alerta dentro del

módulo correspondiente. Cabe aclarar que los alertas pre-generados desde el módulo Pronóstico aparecen en nivel amarillo por defecto, dado que son los que se emiten con mayor frecuencia (alrededor del 90% de las veces). Para determinar el nivel final del alerta, el pronosticador debe considerar la intensidad del fenómeno en función de los umbrales establecidos para las diferentes regiones y tener en cuenta posibles factores adversos presentes que requieran ajustar el nivel (para más detalles ver Saucedo y otros, 2021). De esta manera el sistema mantiene una consistencia interna con el pronóstico, y al mismo tiempo ayuda al pronosticador a simplificar su tarea al no tener que recordar en qué áreas y en qué tiempos decidió generar un alerta.

Otra de las grandes ventajas de este nuevo sistema de alerta que beneficia tanto al pronosticador como al usuario es que las áreas son fijas y tienen un nombre preestablecido, en general con referencias en términos de departamentos y con zonas geográficas preestablecidas, por lo que no es necesario definir para cada alerta la región afectada evitándose las ambigüedades que caracterizaban al sistema anterior. Además, los títulos quedan unificados y no es necesario generar títulos adicionales e incluso se puede generar más de un alerta por el mismo fenómeno para regiones diferentes.

Finalmente, los alertas se emiten en formato interoperable a través de la API del SMN, lo cual es una gran ventaja para poder visualizarlos en diferentes plataformas de información geográfica. Por otro lado también se envían en forma automática por mail resúmenes a nivel nacional y provincial para diferentes autoridades de la protección civil, lo cual evita el exceso de emails como en el sistema anterior. Asimismo también se envían productos de alerta para las estaciones del SMN, a través de email y del sistema AMHS. Por otro lado el envío de alertas a través del fax y del sistema VHF se discontinuó debido a la irrupción de la pandemia de Covid-19 en marzo de 2020 y el comienzo del trabajo a distancia.

3. CRONOLOGÍA DEL PROYECTO DE MEJORA DE PRONÓSTICOS Y EL SAT

3.1 Proyecto de alertas por Gempak

El proyecto de mejora del SAT se inicia con la implementación de los ACP gráficos en noviembre de 2014 (Lohigorry y otros, 2018), lo cual supuso una gran mejora en dicho producto. Luego de esta implementación, el objetivo principal dentro del departamento Centro Meteorológico Nacional (CMN), nombre anterior a la actual Dirección de Pronóstico del Tiempo y Avisos (DPTA), pasó a ser la implementación de un SAT gráfico. Esto significa que el proyecto original era mucho más modesto en comparación con la implementación realizada en noviembre de 2020, ya que no involucraba un SAT por niveles ni tampoco se planteaba un cambio en el sistema de pronóstico.

De esta manera, desde el año 2015 y hasta bien entrado el año 2016 desde la Gerencia de Servicios a la Comunidad (GESEC), nombre anterior a la actual Dirección Nacional de Pronósticos y Servicios para la Sociedad (DNPSS), se implementó una mesa de trabajo que se reunía semanalmente para avanzar en la concreción del proyecto del SAT gráfico. De estas reuniones participaban frecuentemente pronosticadores y responsables del CMN, junto con responsables y asesores de la GESEC, a los que se sumaba habitualmente personal de los departamentos de Meteorología y Sociedad, Hidrometeorología, Clima, Procesamiento de Datos y Desarrollo Web. En dichas reuniones se discutieron diferentes alternativas para generar alertas gráficos, los cuales se realizarían en base del paquete Gempak (General Meteorology Package), desarrollado

por Unidata, que era el software más avanzado con el que se contaba al momento en el organismo para el análisis de datos meteorológicos y la emisión de productos, aunque con escaso soporte tecnológico. Por ejemplo, los ACP al día de hoy se elaboran utilizando el Gempak. La idea original era trabajar de un modo similar a los ACP, generando áreas bajo alerta a criterio del pronosticador y luego completar una serie de formularios para mencionar las áreas y el texto descriptivo del alerta. Junto con el texto también se planteaba acompañar la alerta con una serie de recomendaciones para el público en general.

Técnicamente hablando el prototipo estaba ya siendo probado a mediados de 2017 para una futura implementación, aunque aún restaba realizar una capacitación al personal y gestionar la comunicación tanto para dentro como fuera del organismo. Asimismo, por ese entonces se proyectaba a más largo plazo implementar un cambio en el sistema de pronóstico utilizando esta plataforma.

Sin embargo, en el año 2017 comenzó el proyecto de implementación del sistema de pronóstico y SAT a través del sistema MFY que luego adoptó el nombre local PIMET. Esto supuso un cambio decisivo en el proyecto original de mejora del SAT iniciado 2 años antes. Como veremos más adelante, esto pudo significar que todo el trabajo previo había sido en vano, pero sin embargo se pudo aprovechar buena parte de lo desarrollado hasta el momento para la implementación con PIMET.

3.2 División de áreas meteorológicas

Uno de los puntos a resolver con este nuevo sistema estaba relacionado con la división de áreas, teniendo en cuenta la complejidad de la orografía de nuestro país y la diversidad de fenómenos que están circunscritos a áreas particulares que dependen de la topografía. La idea del proyecto era trabajar a nivel departamental, al igual que en el caso de los ACP. Sin embargo, para definir con mejor detalle los fenómenos meteorológicos de alerta es necesario realizar divisiones particulares en algunos departamentos, ya sea por el hecho de ser demasiado extensos o bien por abarcar áreas con topografía muy diferente y por ende fenómenos meteorológicos diferentes. Por ejemplo, el departamento de Malargüe en el sur de la provincia de Mendoza se extiende desde el límite con La Pampa, en donde el terreno es más llano y se ubica a alturas cercanas a los 1000 msnm, hasta el límite con Chile en la Cordillera de los Andes, con alturas que llegan hasta los 4000 msnm. De este modo se trabajó en un proyecto paralelo durante el año 2016 que fue el de definir las áreas meteorológicas tomando como base los límites departamentales de todo el país. Esto significó partir de un mapa con 513 divisiones departamentales y realizar divisiones adicionales teniendo en cuenta características geográficas presentes en cada departamento o partido, como por ejemplo sierras, cordilleras, valles o costas. Este trabajo de definición de áreas meteorológicas se realizó junto con el Instituto Geográfico Nacional (IGN), y se dividieron los departamentos siguiendo los siguientes criterios:

- Zona cordillerana: áreas por encima de los 1000 msnm en la Patagonia hasta el norte de Neuquén, por encima de los 2000 msnm en el norte de Neuquén y el sur de Mendoza, por encima de los 3000 msnm en el centro y norte de Mendoza, y por encima de los 4000 msnm desde la provincia de San Juan hasta la provincia de Jujuy.
- Zona precordillerana: áreas por encima de los 2000 msnm entre el centro de Mendoza y el sur de La Rioja.
- Zona de Puna: áreas por encima de los 3000 msnm en las provincias de Catamarca, Salta y Jujuy.
- Zona de Sierras: áreas por encima de los 500 msnm en las provincias de Buenos Aires y Misiones, por encima de los 1000 msnm en las provincias de Córdoba y San Luis, y por encima de los 3000 msnm en las provincias de Tucumán y este de Catamarca.

- Zona costera: áreas alejadas hasta 30 km de la línea de costa en la provincia de Buenos Aires y hasta 10 km en las provincias de Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego.
- Zona de meseta: áreas alejadas más de 30 km de la línea de costa y por debajo de los 1000 msnm en la región Patagónica.
- Además se estableció la partición de algunos departamentos debido a su gran extensión, estableciéndose nombres como Norte/Sur de departamento X o Este/Oeste de departamento Y, según como se realizara el corte. Cabe destacar que este último tipo de división se realizó mucho después del trabajo original realizado en 2016 con el IGN, cuando ya el proyecto había tomado otro rumbo con la llegada del sistema PIMET.

Como resultado de la división aplicada, se obtuvo un mapa con más de 800 áreas meteorológicas tal como se muestra en la Figura 6.

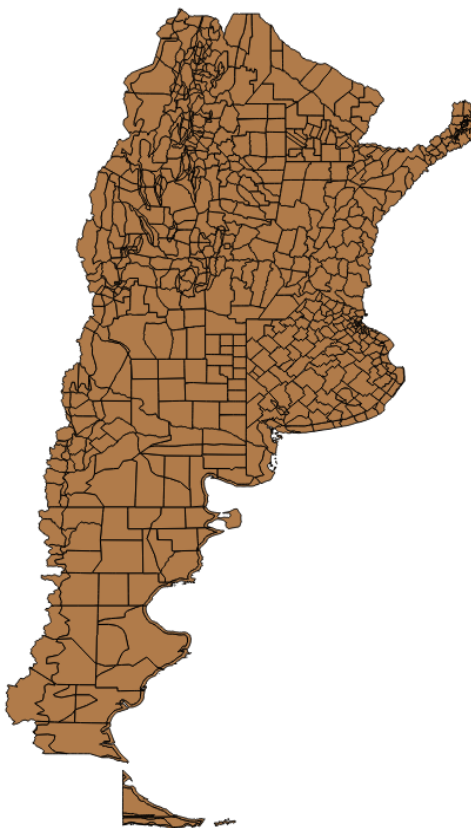


Fig. 6: Primer mapa de áreas meteorológicas definidas para el proyecto de alertas por Gempak.

Este mapa se modificó durante los años 2017 y 2018, cuando comenzó a tomar forma la implementación del sistema PIMET. Dicho sistema, a diferencia del SAT basado en Gempak, funciona con áreas fijas, cada una de las cuales tiene un punto de referencia, tomando como tal típicamente el centroide de área. Esto implica entonces que el pronosticador debe definir el pronóstico y las alertas para cada una de las áreas definidas. Inicialmente desde Meteo France International (MFI) se planteó utilizar una división provincial, lo cual fue desechado desde el SMN ya que la resolución de los pronósticos y alertas sería demasiado baja. Lo que se

propuso en cambio desde el SMN fue trabajar con una división de áreas que tomara como base lo desarrollado junto con el IGN. Sin embargo, como el número de áreas era demasiado grande para que dos o tres pronosticadores pudieran trabajar, se decidió avanzar en una unificación de áreas que conservaran características geográficas y meteorológicas similares. Primeramente se hizo una unificación de áreas muy pequeñas ubicadas principalmente en las provincias de Cuyo y el NOA, bajando el número de áreas a 667, que no obstante seguía siendo demasiado alto para el trabajo de rutina. Por lo tanto se continuó trabajando para unificar áreas, y en este punto se intentó definir áreas meteorológicas de forma tal que hubiera al menos una estación oficial dentro para que sirviera como punto de referencia. Sin embargo, la red de estaciones del SMN es muy dispersa y en general carece de puntos en zonas de topografía compleja. Por este motivo, la nueva división de áreas incluía áreas con estaciones oficiales como punto de referencia, y otras en las que no había estaciones como referencia, sino puntos de interés o localidades particulares como representativas de cada área.

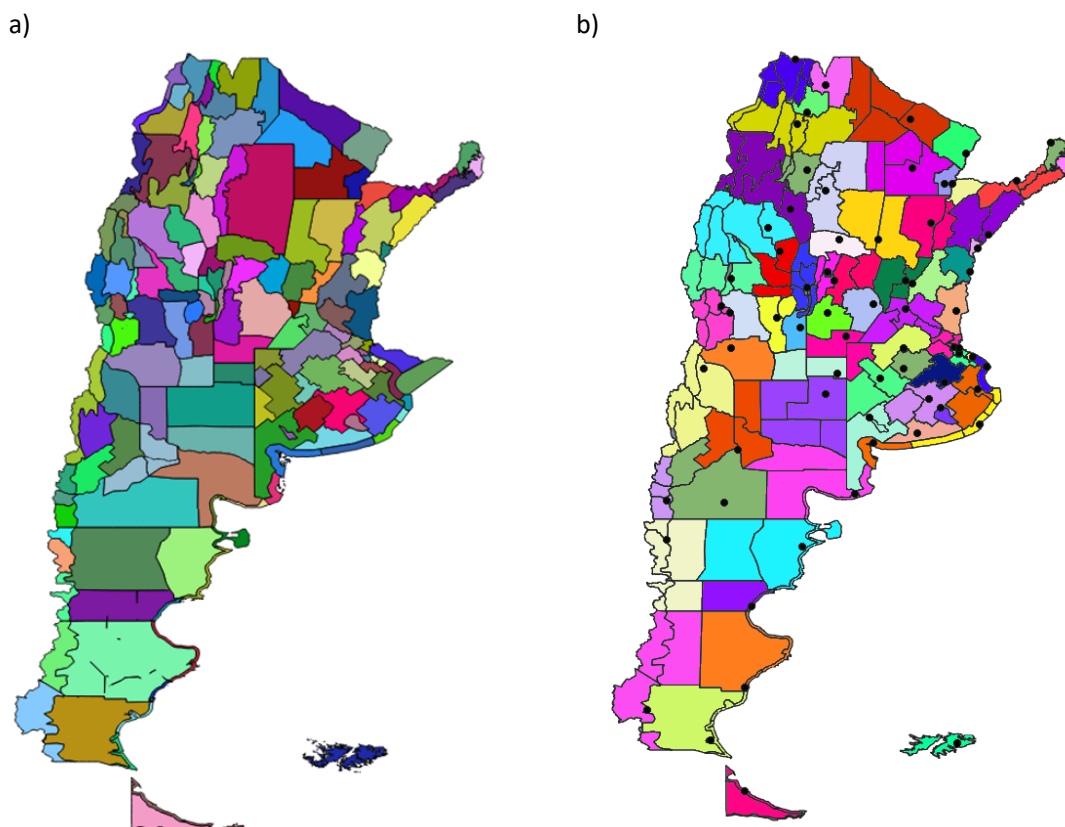


Fig. 7: Mapas con áreas de pronóstico definidas para la implementación en PIMET. En a) se muestran las áreas definidas a octubre 2017, mientras que en b) se muestran las áreas a junio de 2018, junto con la ubicación de algunas estaciones del SMN en puntos negros (imagen tomada del trabajo Herrera y otros, 2021).

Finalmente para octubre de 2017 se definió una primera división de alrededor de 155 áreas meteorológicas (Figura 7a). Esta primera regionalización luego fue ampliada hacia junio de 2018 luego de una revisión de las mismas, en las cuales se encontraron demasiado grandes y decidió dividirlos en 2 o más partes, pasando a una división de 171 áreas incluyendo al Río de la Plata (Figura 7b). Esta cantidad de áreas es un valor mucho

más accesible para trabajar en un pronóstico, los cuales luego pueden bajarse a áreas más pequeñas, utilizando las 667 divisiones definidas previamente. Esto esencialmente se realiza en la página web cuando el usuario consulta el pronóstico y los alertas para su localidad.

Esta división es la que se utiliza actualmente para los pronósticos y el SAT, y si bien con el tiempo ha demostrado ser relativamente óptima para el detalle que brinda de información en función de los recursos humanos disponibles, es pasible de futuras mejoras con algunas divisiones adicionales en ciertas regiones que permitirían mejorar la precisión tanto de los pronósticos como de los alertas. Con todo, realizar esta mejora teniendo el sistema actualmente operativo se plantea como un desafío más que importante que requiere planificación para poder ser llevado a cabo. Para una discusión sobre el compromiso que implica agrandar o achicar estas áreas con respecto al manejo de incertidumbre de la información ver por ejemplo de Elía y otros (2021).

3.3 Cronología de implementación

Como comentamos anteriormente, el proyecto original de mejora del SAT comenzó de forma modesta al intentar elaborar alertas en forma gráfica a partir del paquete Gempak, lo cual motivó asimismo un proyecto paralelo de definir áreas meteorológicas acordes a la complejidad del territorio nacional. Una de las debilidades que ha tenido históricamente el paquete Gempak es la falta de mantenimiento en el SMN, con una performance de programa que distaba de ser la ideal (por ejemplo eran frecuentes los cuelgues de programa o cierres inesperados, lo cual continúa ocurriendo al día de hoy). Esto suponía un riesgo potencial bastante grave para trabajar con un producto tan importante, que quizás en su momento no se tenía totalmente dimensionado.

La aparición del proyecto de PIMET supuso un vuelco fundamental en el desarrollo del proyecto de mejora del SAT original. A continuación haremos una reconstrucción con el mayor detalle posible de cómo se gestó el proyecto PIMET y los cambios que provocó, como así también de las externalidades que afectaron el desarrollo del mismo.

El sistema ofrecido por MFI fue visto por primera vez por la flamante directora Celeste Saulo en un viaje de inicio de gestión al servicio meteorológico francés en el año 2014. A partir de allí se inició un diálogo con MFI que luego continuó con la cronología de eventos que se detallan a continuación.

14/7/2015

Primera presentación de MFI en el SMN en la que se mostraron diferentes módulos ofrecidos por MFI para la modernización de los procesos sustantivos para el funcionamiento de los servicios hidrometeorológicos. Se presentaron diferentes casos de éxito de MFI en los servicios de Sudáfrica, La India y Singapur.

23/3/2016

Segunda presentación de MFI en el SMN en el que se discutieron las factibilidades de implementar el módulo MFY para la modernización de los pronósticos y alertas meteorológicos.

5/12/2016

Firma del acta acuerdo entre el SMN y MFI por un proyecto a 5 años consistente en la mejora de actualización de servicios los del SMN. El primer servicio a renovar dentro del acta acuerdo era el de pronósticos y alertas para el público general, con un plazo de un año a partir de la reunión de kick-off.

Se firma contrato por la implementación del sistema MFY y el desarrollo de la Extranet para dos sectores por un total de € 785000.

20/1/2017

Primera reunión de kick-off de implementación de MFY entre SMN y MFI. Se presentan las características de MFY y su Extranet para 2 usuarios dedicados, se delineó un cronograma de actividades tentativo y se acuerda en comenzar a estudiar la forma de implementar los diferentes productos operativos al momento en la nueva plataforma. En esta reunión se dio a conocer a MFI el hecho de que en abril de 2017 está prevista la mudanza del sector operativo desde la sede de 25 de Mayo a la sede Dorrego, lo cual retrasaría el proyecto de MFY.

3-7/4/2017

Primera misión de MFI en el SMN. La misma consistió en una revisión general de productos operativos del SMN, propuesta de funcionamiento de MFY y posibles adecuaciones a las condiciones y necesidades del SMN. Además se decidió que se desarrollaría la Extranet para dos sectores productivos, el marino y el agropecuario.

Abril-Septiembre 2017

Período de paréntesis con MFI con motivo de la mudanza del sector operativo del SMN desde la sede 25 de Mayo a Dorrego. La fecha original prevista para fines de abril fue modificándose primero al mes de junio, y luego para la semana del 17 de julio de 2017 debido a retrasos en las adecuaciones y traslado de equipos operativos. La mudanza a la sede Dorrego se concretó finalmente el día 2 de agosto de 2017.

A pesar del paréntesis, entre los meses de junio y septiembre se trabajó en la adecuación del mapa de las áreas de pronóstico definidas para el SAT con el sistema Gempak para el sistema MFY. Este trabajo se concretó en la última semana de septiembre a contrarreloj con la ayuda de Meteorología y Sociedad y la División de Meteorología por Sensoramiento Remoto para generar los archivos geográficos y poder ser utilizados para las pruebas FAT. Este mapa con 155 áreas meteorológicas fue el que se incorporó por primera vez en el sistema PIMET que se puede visualizar en la Figura 7a.

25/9- 6/10/2017

Misión del SMN en Toulouse para las Pruebas de Aceptación en Fábrica (pruebas FAT en inglés). De esta visita participaron autoridades del CMN, pronosticadores, personal de TIC, Desarrollo y de Procesamiento de

Datos. Primera configuración de MFY para su funcionamiento en el SMN. Se discutió la posibilidad de incluir los ACP en el MFY a propuesta de MFI, aunque dicha posibilidad fue desechada. También se discutieron condiciones de funcionamiento del hardware dentro de las instalaciones del SMN.

Octubre – Diciembre 2017

Al regreso de las pruebas FAT se realizó una presentación dentro del SMN acerca de las características que tendría el futuro sistema de pronóstico y SAT basado en MFY. En particular quedó abierto un debate interno acerca del camino a tomar con respecto al SAT, si continuar con la idea de la implementación utilizando el Gempak para luego trabajar en la implementación con MFY, o si directamente implementar el sistema MFY, el cual implicaba agregar a los alertas gráficos un sistema por niveles de severidad y por tanto se requería trabajar en un proyecto de umbrales meteorológicos. Se realizaron informes a las autoridades analizando pros y contras de cada camino. Finalmente se decidió seguir la implementación por vía de MFY, estimándose que el sistema, incluyendo tanto pronóstico como SAT, estaría listo para mediados de 2018. A decir verdad, era muy difícil poder estimar con certeza cuándo estaría listo todo el sistema, ya que aún no se tenía una noción completa de todo el trabajo que se requeriría, no sólo desde el punto de vista técnico de MFY, sino también la capacitación a los pronosticadores, la adecuación de la web, trámites burocráticos para ingresar los equipos que en ese entonces aún se encontraban en Francia y la comunicación tanto interna como externa. Teniendo en cuenta todos estos aspectos y viéndolo a la distancia podemos concluir que era extremadamente difícil, por no decir imposible, poder concretar todo el proyecto para un plazo de 9 meses, más aun teniendo en cuenta que la implementación completa del sistema se dio casi 3 años más tarde. Uno de los motivos por los cuales se dio semejante error en la estimación podemos aventurar que fue por el hecho de no conocer completamente los pasos necesarios para lograr la implementación. Podemos decir que esto fue una constante a lo largo del proyecto, que al ser tan grande si bien se pueden trazar hojas de ruta, no terminan de conocerse los detalles hasta que no se recorre el camino, en el cual siempre aparecen imponderables que pueden modificar los planes originales.

En el mes de octubre llegó al SMN la solicitud del comité organizador de los Juegos Olímpicos de la Juventud Buenos Aires 2018 (YOG) para la prestación de servicios meteorológicos durante el transcurso de la competencia prevista para octubre de 2018. La aparición inesperada de este usuario supuso un gran desafío para el SMN, pero al mismo tiempo dio una oportunidad para el desarrollo de servicios especiales basados en el sistema MFY y la Extranet, a pesar de que se desviaba el objetivo principal del proyecto. En el mes de diciembre de 2017 se firmó el convenio entre el SMN y YOG para la provisión de servicios meteorológicos.

Por otro lado, durante el mes de noviembre de 2017 comenzó a trabajarse en una primera serie de umbrales para alertas meteorológicos. Esta serie original de umbrales fue una de las propuestas utilizadas en el trabajo Saucedo y otros (2021). Asimismo, se planteó el primer prototipo de pronóstico del tiempo, el cual incluía las siguientes variables: Estado del tiempo, Viento, y Temperatura Máxima y Mínima, con 4 rangos diarios en las primeras 48 horas y 2 desde el 3 hasta el 7. También se trabajó con el departamento de Prensa en un primer conjunto de íconos de estado del tiempo y de íconos de alertas para utilizar dentro de MFY. Estos últimos serían modificados durante 2019 y 2020 para la implementación del SAT.

4-7/12/2017

Segunda misión de MFI en el SMN para la adecuación del sistema y organización del trabajo de la oficina en función del sistema MFY.

19-23/3/2018

Primera capacitación de MFY para los pronosticadores brindada junto con un pronosticador de Météo-France. En esta capacitación se toman notas de posibles mejoras y sugerencias, entre ellas la división de algunas áreas que son demasiado grandes para definir las condiciones del tiempo en el pronóstico.

9-20/4/2018

Nueva misión de MFI en el SMN. En esta ocasión se brindó una capacitación a diseñadores y se avanzó en la creación de futuros productos operativos y para los YOG. También se dieron encuentros con referentes de disciplinas deportivas con motivo de los YOG y con un usuario del sector Agro para el armado de la Extranet. En esta ocasión también se decidió agregar la variable temperatura en todos los períodos del pronóstico para el público general.

Uno de los puntos que también se discutió en esta ocasión con MFI fue la inclusión del pronóstico marino en el sistema MFY, pero por la complejidad del boletín marítimo se recibió como respuesta que estaba por encima del objetivo del proyecto. No obstante esta respuesta se decidió avanzar con este proyecto en forma interna, el cual tuvo grandes avances durante 2019 gracias a la iniciativa y conocimientos en programación de un pronosticador de CPR. Este proyecto actualmente se encuentra activo con miras a implementar el pronóstico marino en el transcurso de 2022 utilizando en parte el pronóstico del sistema PIMET, pero con un programa realizado de forma externa.

26/4/2018

Llegada de los servidores de MFY y de 4 estaciones de trabajo al SMN. La llegada de estos equipos se retrasó por cambios en trámites de importación a fines de 2017 que obligaron a realizar la documentación nuevamente a comienzos de 2018.

21/5 – 1/6/2018

Misión de MFI de instalación del sistema MFY en el SMN y configuración del sistema desde el back-end. En esta ocasión se aprovechó para definir una nueva división de áreas meteorológicas, con la partición de algunas áreas y la unificación de otras. También se modificó el método de selección de datos meteorológicos en cada área que hasta el momento estaba basado en el centroide de las áreas, para realizarlo a partir de los puntos de referencia definidos para cada área.

2-13/7/2018

Misión de MFI para capacitación de diseñadores y desarrolladores en la Extranet. Adecuación de la configuración de la API de MFY para la web del SMN y la información que allí se mostrará.

2/8/2018

Reunión interna en el SMN entre las autoridades de la institución, los departamentos de Prensa, Meteorología y Sociedad y del Centro Meteorológico Nacional para bautizar con nombre propio al sistema MFY. Se decide el nombre PIMET por Plataforma Integral Meteorológica, y en alusión al abordaje de la meteorología desde las ciencias exactas representadas por el número Pi.

Agosto de 2018

Reunión entre autoridades del SMN, y los departamentos de CMN, Meteorología y Sociedad, Prensa, Hidrometeorología, Clima, e Investigación y Desarrollo para decidir el futuro del informe de Perspectiva Semanal. El motivo principal de discusión se dio por la futura implementación de PIMET que impediría que la oficina de Pronóstico pudiera ocuparse de su elaboración, y por lo tanto se estimaba que el pronóstico semanal podría reemplazar al informe. Finalmente se aceptó discontinuar el informe de perspectiva semanal.

Comienza a trabajarse desde el SMN en un procedimiento de comunicación de alerta rojo con la Protección Civil Nacional.

21/8/2018

Primer producto de pronóstico oficial emitido a través de la plataforma PIMET para el armado de la infraestructura de los YOG.

24/9-5/10/2018

Misión de MFI en el SMN para la adecuación final de los productos del sistema PIMET para el apoyo meteorológico de los YOG.

6-19/10/2018

Prestación de servicio meteorológico para el desarrollo de los YOG.

Como resultado de la prestación del servicio se decide agregar la variable probabilidad de lluvia en el pronóstico del tiempo para el público general, utilizando una serie de rangos de probabilidad que se conoce actualmente en la web (0% nula, 0-10% muy baja, 10-40% baja, 40-70% media y 70-100% alta). El motivo de

esta decisión fue el de brindar al pronosticador más opciones para definir el pronóstico de precipitación teniendo en cuenta la probabilidad de precipitación. Este cambio obliga a modificar la maqueta de pronóstico de la web el cual ya había comenzado a diseñarse.

29/10-2/11/ 2018

Nueva misión de MFI para terminar de adecuar el sistema PIMET para los pronosticadores, avanzando además en el armado de los productos fluviales con el equipo de diseñadores. En esta ocasión y luego del análisis de situación se decide desdoblar el lanzamiento del sistema PIMET. En una primera etapa se lanzará el sistema de Pronóstico, y en una etapa posterior se realizará el lanzamiento del nuevo SAT.

Esta decisión permitió tener un panorama más claro al simplificar los entregables del proyecto.

23/11-1/12/2018

Prestación de servicio de pronóstico especial para la cumbre del G20 realizada en Buenos Aires entre el 30/11 y el 1/12. Este servicio fue brindado por la oficina de Pronósticos Especiales.

26/12/2018

Implementación del pronóstico fluvial para el Río de la Plata y los ríos Paraná, Uruguay y Paraguay a través de la plataforma PIMET. Con la implementación de estos productos se modifica el horario de envío de los mismos, pasando de realizarse 3 veces al día (a las 9, 12 y 18) a 2 veces al día (a las 6 y 18). Esta implementación estuvo pensada como práctica preparatoria para la próxima implementación del sistema de pronóstico una vez pasado los meses de verano.

Marzo-Abril 2019

Misión de MFI de pre-lanzamiento del módulo Pronóstico. Posterior a la misión se realizaron sesiones de entrenamiento con los pronosticadores en el sistema PIMET. Finalización de los productos de Pronóstico como el newsletter con pronósticos locales, y el contestador telefónico. Se plantean además diferentes fechas tentativas de lanzamiento. La primera a fines del mes de marzo, luego se retrasa para la semana del 17 de abril y finalmente se plantea en los primeros días del mes de mayo, debido a retrasos en desarrollos y en configuración final de PIMET.

8/5/2019

Primer turno con elaboración del pronóstico oficial del SMN a través del sistema PIMET. Dicho pronóstico comienza a visualizarse a partir de las 00 horas del día 9 en la página web del SMN.

14/5/2019

Comienzo del proyecto de implementación del SAT co-liderada con la oficina de Proyectos (PMO) del SMN. En este proyecto se convoca a las diferentes áreas intervinientes (CMN, Meteorología y Sociedad, Prensa, Desarrollo) para delinear los diferentes puntos en los cuales trabajar de cara a la implementación final del SAT. Entre ellos podemos mencionar:

- Adecuación del sistema PIMET para una mejor experiencia de usuario y posibilitar una correcta generación y emisión de alertas (a trabajar con MFI)
- Desarrollo de la información de alertas en la página web
- Determinación de umbrales meteorológicos para su utilización en el SAT
- Diseño de productos específicos de alertas para tomadores de decisión lo cual requirió de desarrollo por parte de MFI.
- Corrección de mapa geográfico base de PIMET para buena visualización en la web y el armado de productos interoperables
- Definición de significado de los diferentes niveles de alerta
- Diseño del plan de comunicación interna y externa al público general, autoridades y usuarios específicos acerca del SAT.
- Diseño de capacitaciones para pronosticadores y diferentes usuarios del SAT.
- Generación de protocolos de comunicación de alertas rojos dentro y fuera del SMN.
- A cada uno de estos aspectos a encarar (un proyecto en sí mismo), se le sumó una nueva versión del sistema PIMET para ser implementada previo al lanzamiento del SAT.
- Una de las ventajas de este enfoque del proyecto es que posibilitó ordenar prioridades y tener un mejor panorama acerca del momento de lanzamiento del SAT.

28/5/2019

Se eliminan los parámetros de temperatura máxima y mínima en la lista de parámetros a pronosticar en PIMET. A partir de este día las temperaturas máximas y mínimas se toman de los valores máximo y mínimo de los 4 valores diarios. De este modo los pronosticadores deben asignar el valor de temperatura máxima y mínima al intervalo del día en que ha de ocurrir. Este cambio ayuda a evitar errores de consistencia en las temperaturas que se muestran en la web, posibilitando además una reducción de carga de trabajo para los pronosticadores.

28/6/2019

Tiene lugar un taller de umbrales de alerta de la que participan distintas áreas técnicas del SMN. Allí se presentan los primeros umbrales propuestos por el CMN y trabajados entre 2017 y 2019 y da inicio una mesa de trabajo de revisión y desarrollo de umbrales de la que participan con los departamentos de Hidro y Agrometeorología, Climatología, Meteorología y Sociedad y el CMN.

Agosto 2019

Se firma nuevo contrato con MFI para mejoras del sistema PIMET e implementación de la nueva versión del sistema por un total de € 240000.

Agosto 2019-Octubre 2020

En este período se realizan mejoras y adaptaciones del sistema PIMET para la posterior implementación de alertas, entre las que se incluye un desarrollo para garantizar la consistencia entre los pronósticos y los alertas, desarrollo de productos especiales para tomadores de decisión y corrección de la base de datos geográficos.

16/3/2020

Reunión final y establecimiento de umbrales definitivos para los diferentes niveles de alerta.

Posterior a esta reunión y gracias a una sugerencia desde la Dirección Nacional de Ciencias e Innovación en Productos y Servicios se definió la matriz de toma de decisión para la estimación del nivel de alerta en función de la intensidad prevista de un evento meteorológico.

20/3/2020

Comienzo de la pandemia de Covid-19 en Argentina, paso de trabajo a forma remota. De aquí en más todo el desarrollo del proyecto se dará a través de la virtualidad.

Junio-Julio 2020

Capacitación de pronosticadores de la Coordinación de Pronósticos Regionales en las características y forma de generación y emisión del nuevo sistema SAT en el sistema PIMET.

Junio-Noviembre 2020

Eventos de difusión del nuevo SAT para personal del SMN y para autoridades de diferentes organismos, periodistas y aficionados.

Capacitaciones para personal operativo del SMN (observadores, pronosticadores aeronáuticos y pronosticadores de la coordinación de Pronósticos Inmediatos y Pronósticos Especiales).

Escritura de manuales de usuario del nuevo SAT para la web y tomadores de decisión.

Desarrollo de procedimientos internos para comunicación interna en el SMN ante eventos de alerta naranja y rojo. Un procedimiento similar se intentó alcanzar con la Protección Civil para los casos de alerta rojo, pero no fue posible realizarlo. Dentro del desarrollo de estos procedimientos se realizaron varias simulaciones procedimentales de situaciones de alerta rojo a fin de buscar y corregir posibles debilidades dentro del procedimiento.

Eventos de difusión y capacitación con organismos tomadores de decisión, Protección Civil nacional y provinciales, Cruz Roja y Parques Nacionales.

Octubre 2020

Comienzan las reuniones diarias de discusión de alerta con los pronosticadores de turno, se fijan a las 15:30 hs todos los días de la semana. Esta práctica se implementa con vistas a la próxima implementación del SAT, la cual continúa vigente actualmente.

5/11/2020

Puesta en operación de la nueva versión 2.4 del sistema PIMET. Este fue un paso previo imprescindible para la posterior implementación del nuevo SAT.

30/11/2020

Implementación operativa del nuevo SAT en PIMET. Concreción del proyecto original iniciado en 2015. Es importante destacar que la fecha de lanzamiento sufrió varias modificaciones, al igual que el lanzamiento del pronóstico. Inicialmente estaba prevista para finales de julio de 2020, pero sucesivas demoras en diferentes entregables hicieron que el lanzamiento se pospusiera primero para el 21 de septiembre, luego para el mes de octubre y más tarde para alrededor del 14 de noviembre. Posteriormente se decidió mover la fecha de lanzamiento para el 25 o 26 de noviembre. Finalmente, un cambio en la agenda política obligó a mover la fecha al día 30. Este último hecho resultó ser un golpe de suerte ya que en la fecha anterior prevista se dio el fallecimiento de Diego Maradona, lo cual habría opacado completamente el lanzamiento del nuevo SAT.

1/12/2020

Primer alerta naranja emitido por tormentas para las provincias de Córdoba (áreas Marcos Juárez, San Francisco, Villa María del Río Seco, Jesús María, Río Primero), Santa Fe (áreas Ceres, Sunchales) y Santiago del Estero (áreas Añatuya, Santiago del Estero).

6/1/2021

Primer alerta rojo emitido por lluvias para la provincia de Buenos Aires (áreas Necochea y Tres Arroyos).

Marzo-Noviembre 2021

Encuentros y capacitaciones con organismos tomadores de decisión. Relevamiento de usos y opinión de los usuarios acerca del nuevo SAT.

Comienzo de verificación de los nuevos alertas a partir del mes de mayo 2021.

Corrección y cierre de los procedimientos de comunicación interna para alertas naranjas y rojos para su futura disposición interna.

13/10/2021

Lanzamiento del nuevo SAT de Temperaturas Extremas por Calor que incluye a todo el territorio argentino y reemplaza a las Advertencias por Altas Temperaturas.

4. ESTADO ACTUAL Y CAMINO A FUTURO

La implementación del nuevo sistema de alerta a fines de 2020 significó un gran paso en la mejora de la información suministrada al público, una demanda de la sociedad que hacía varios años que estaba presente. Sin embargo, la demanda de información continúa en constante aumento, por lo que es necesario pensar en futuras mejoras del sistema.

Una de las primeras mejoras realizadas en el sistema estuvo relacionada con las advertencias por altas y bajas temperaturas. Uno de los puntos que generaba dudas al momento del lanzamiento de los alertas PIMET eran las advertencias por altas temperaturas conviviendo con el sistema de alertas por altas temperaturas por olas de calor y salud (SATOCS, Herrera y otros, 2018) que se lanzó en el verano 2017/2018 y consistía en una sistema de alerta por niveles similar al alerta PIMET. Esto provocó un conflicto entre dos sistemas que si bien tenían objetivos diferentes, se interferían mutuamente a la hora de ser interpretados por los usuarios. En general se daban casos con advertencias activas y alertas inactivas y también en forma inversa, es decir con SAT-OCS activo y advertencias en nivel verde. Asimismo, muchos usuarios confundían ambos sistemas, y en no pocas ocasiones se podían leer noticias que hablaban de alertas “violetas”. Cabe destacar no obstante que este problema ya existía en las temporadas anteriores con los informes especiales, aunque al ser estos últimos un producto de tipo texto, no era tan notorio el conflicto e incluso podía pensarse que ambos productos podían llegar a complementarse, ya que el SAT-OCS era un producto gráfico y el informe un texto explicativo..

Por este motivo, al término de la temporada de verano 2021 se decidió avanzar en el desarrollo de un nuevo producto que unificara los dos productos existentes intentando aprovechar las ventajas de cada uno de ellos. Es así que para octubre de 2021 se lanzó el sistema de alertas por temperaturas extremas de calor (Herrera y otros, 2021), que es un sistema que funciona sobre la base de las regiones definidas en el sistema PIMET basado en umbrales de 71 estaciones del SMN válido para todo el territorio argentino, incluyendo las islas Malvinas. Este sistema funciona sobre la base definida en el anterior SAT-OCS y brinda alertas a plazos de 24 horas. En la Figura 8 se muestra un ejemplo del SAT TE Calor.

Este es un buen ejemplo de cómo un proyecto que demoró mucho tiempo en pos de obtener un sistema lo más robusto y consistente posible en diferentes aspectos, aún puede sufrir de problemas a la hora de cumplir con su objetivo original una vez implementado.

Fecha de emisión: 14/01/2022 19:06h



Fig. 8: Mapa de alerta por Temperaturas Extremas por Calor emitido el 14/1/2022

En forma paralela, durante el invierno 2021 se trabajó con un SAT de Bajas Temperaturas el cual no se emitió al público para evitar un conflicto similar al acontecido con las Advertencias por Altas Temperaturas durante el verano anterior. Los resultados de este sistema se utilizaban en forma interna en la Coordinación de Pronósticos Regionales para definir las advertencias por bajas temperaturas que se emitían a diario durante la temporada. Siguiendo un camino análogo al SAT de TE por Calor, para la temporada de otoño e invierno

de 2022 se emitirá el SAT de Temperaturas Extremas por Frío, discontinuándose las Advertencias por Bajas Temperaturas.

Actualmente el SAT de TE por Calor se activa entre el 1/10 y el 31/3, mientras que el SAT de TE por frío estará activo entre el 1/4 y el 30/9. Sin embargo, a futuro se plantea mantener ambos productos a lo largo del año, a fin de tener contemplados eventos por temperaturas extrema fuera de temporada, que si bien son muy poco probables, pueden eventualmente ocurrir.

Una de las posibles mejoras en la precisión de los alertas es la división de algunas de las áreas meteorológicas establecidas en 2018. Por experiencia se ha encontrado que podría ser conveniente subdividir algunas áreas a fin de poder delimitar la ocurrencia de un fenómeno que a priori se sabe que sólo afectará a una porción del área. Esto suele ocurrir bastante a menudo por ejemplo ante eventos de viento zonda que por lo general aparecen exagerados en el mapa de alerta debido a la gran extensión del área indicada con dicho fenómeno.

Uno de los desafíos para avanzar a futuro con el sistema de alertas es el de incluir potenciales impactos de los eventos meteorológicos alertados. Esto forma parte de uno de los pilares del Plan Estratégico del SMN de avanzar con el pronóstico por impacto, una iniciativa que llevará varios años de implementación. Una de las fuentes de información fundamentales para avanzar en esta línea lo conforma la base de datos de impactos que el SMN está comenzando a construir.

Asimismo ya se ha realizado una prueba preliminar en un pronóstico especial realizado para autoridades políticas ante los comicios legislativos en el país de noviembre de 2021. La situación meteorológica previa a los comicios estuvo caracterizada por la formación de un sistema convectivo que afectó a gran parte del norte patagónico y el centro y norte del país. Si bien inicialmente la información suministrada no contemplaba información de impacto, ante la petición del usuario, se incluyó esta información en base a lo acontecido en eventos similares anteriores. A modo de ejemplo, se muestra en la Figura 9 uno de dichos pronósticos. Este es un aspecto con el que ya se ha empezado a trabajar a partir de la iniciativa 5.1.1 del Plan Estratégico 2020-2023 del SMN.

Sin embargo, uno de los mayores desafíos de cara al futuro del actual SAT es la mejora en la calidad de los alertas. Si bien cada fenómeno en particular presenta sus desafíos y dificultades particulares, la anticipación de muchos de los eventos es fuertemente dependiente de la calidad de los pronósticos numéricos en los cuales se basan los alertas meteorológicos. En no pocas ocasiones los eventos están sujetos a un alto grado de incertidumbre que dificultan establecer de forma adecuada las áreas de alerta y su nivel apropiado. Eventualmente en cada pronóstico se toman decisiones que buscan brindar la mayor precisión posible en los potenciales eventos de alto impacto, aunque dentro de un panorama incierto lo cual obliga a ser cauto a la hora de la emisión del alerta. En general se busca que el alerta vaya estableciéndose a medida que se acerca el evento en cuestión, y evitar cambios continuos en las áreas bajo aviso con las sucesivas actualizaciones del SAT. Podemos decir que esto forma parte del desafío habitual que tienen los pronosticadores en su labor diaria. Desde este aspecto algo que puede brindar una mejora potencial en el SAT tiene que ver con el desarrollo del proyecto denominado SATREPS, en el que participa el SMN junto con el CIMA (Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera), la Universidad de Buenos Aires y la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA por sus siglas en inglés). Este proyecto propiciará herramientas para la predicción en el muy corto plazo relacionado con eventos de inundaciones repentinas. Esto podrá ser aprovechado en el SAT para actualizaciones en plazos de hasta 6 horas para eventos asociados a convección, los cuales no pocas veces representan un verdadero desafío cuando de anticiparlos se trata.

PRONOSTICO ESPECIAL PARA ELECCIONES LEGISLATIVAS 2021

Fecha de emisión: 12 de noviembre de 2021 a las 17:00 hs

FENÓMENOS SIGNIFICATIVOS DESTACADOS:

Sábado 13 de noviembre

Período madrugada y mañana:

Las principales zonas de lluvias y tormentas se concentrarán en el este y norte de Río Negro y Neuquén, el oeste y sur de La Pampa, el centro y sur de San Luis, este de Mendoza y el sudoeste de Buenos Aires con valores de lluvia acumulada entre 20 y 40 mm, con montos máximos posibles entre 40 y 60 mm, especialmente en el norte y este de Río Negro. En las localidades afectadas por esta intensidad de lluvia, se esperan anegamientos temporarios o inundaciones repentinas y daños asociados a viento intenso (ejemplo: caída de árboles, voladura de techos, cortes de suministro eléctrico)

Período tarde y noche:

Las lluvias y tormentas se desplazarán hacia el noreste, afectando el noreste de Chubut, este de Río Negro, La Pampa, Buenos Aires (incluyendo la Capital Federal), centro y sur de Santa Fe, oeste y sur de Entre Ríos, Córdoba, San Luis, este de La Rioja y sur de Santiago del Estero con valores de lluvia acumulada entre 20 y 60 mm, con montos máximos posibles entre 50 y 80 mm, especialmente en el centro y sur de Santa Fe, oeste y norte de Buenos Aires, norte de La Pampa, Córdoba, este de La Rioja y sur de Santiago del Estero. En las localidades afectadas por esta intensidad de lluvia, se esperan anegamientos temporarios o inundaciones repentinas y daños asociados a viento intenso (ejemplo: caída de árboles, voladura de techos, cortes de suministro eléctrico).

Atención: se encuentra vigente un alerta de **nivel naranja** por tormentas para el centro y este de Río Negro, noreste de San Luis, Córdoba, Norte de Buenos Aires, centro y sur de Santa Fe, oeste de Entre Ríos y sudeste de Santiago del Estero, porque se esperan fenómenos poco frecuentes (1 a 5 de cada 100 veces que llueve en esas regiones, se presenta esta intensidad). Al final del documento se encuentran las recomendaciones generales brindadas a la población general ante un alerta de nivel naranja.

Además se encuentra vigente un alerta de **nivel amarillo** por tormentas y por vientos para las provincias de La Pampa, el centro y sur de Buenos Aires, oeste y sur de San Luis, este de Mendoza, porque se esperan fenómenos poco frecuentes (5 a 10 de cada 100 veces que llueve en esas regiones, se presenta esta intensidad). Al final del documento se encuentran las recomendaciones generales brindadas a la población general ante un alerta de nivel amarillo.

Nivel de incertidumbre Sábado 13: Bajo-Medio: pueden esperarse modificaciones menores en las regiones afectadas y en la intensidad de las lluvias en próximas actualizaciones de pronóstico.

Fig. 9: Ejemplo de pronóstico especial emitido a autoridades nacionales y provinciales emitido el 12/11/2021. Notar en la descripción la aparición de posibles afectaciones asociadas a los fenómenos previstos como anegamientos o inundaciones repentinas y daños tales como caída de árboles, cortes de suministro eléctrico y voladura de techos.

5. CONCLUSIONES

La implementación del nuevo sistema de pronósticos y alertas constituyó uno de los pasos más importantes en la historia de la institución de los últimos tiempos. No sólo se brinda al público en general información más precisa y en mayor cantidad (aproximadamente en un orden de magnitud). Esto implica una mayor eficiencia en el trabajo del pronosticador al poder brindar más información y con una minimización de posibles errores involuntarios. No obstante, con esta implementación se ha perdido el formato texto de los pronósticos, especialmente en las primeras 24 horas, aunque la tendencia general de los pronósticos y de preferencia del público en general es hacia el formato gráfico. También la salida del producto de Perspectiva Semanal provocada por la implementación del pronóstico de PIMET ha resultado ser una pérdida para los usuarios tomadores de decisión, que el nuevo pronóstico y SAT no ha terminado de reemplazar completamente. Por este motivo se piensa en implementar a futuro el puesto de pronóstico del día 2 al 7 para llenar este espacio.

Además, mediante la utilización de umbrales como criterio de emisión de alertas se ha logrado disminuir la cantidad de alertas por situaciones en donde la emisión del alerta podría resultar exagerada, como por ejemplo los alertas por vientos en la región patagónica. En cuanto a índices de acierto en general no se nota aún una mejora sustancial con respecto a los antiguos alertas. No obstante, aproximadamente un 80% de los usuarios tomadores de decisión en general perciben una mejora en la calidad de los alertas luego de la implementación de PIMET en el SAT.

Asimismo, la llegada del nuevo SAT permitió, aunque de un modo por el momento muy reducido, la implementación de las discusiones de pronóstico, que constituye una buena práctica en los servicios meteorológicos, y que en el caso de la institución se había abandonado hacía varios años. La experiencia de este tiempo demuestra que esta práctica es muy beneficiosa para la toma de decisión de los alertas y que se complementa muy bien con los procedimientos de toma de decisión (matriz de toma de decisión, umbrales, etc) adoptados.

Con respecto al proyecto de mejora del SAT podemos extraer varias lecciones. La primera de ellas es que este como cualquier proyecto tiene mejores posibilidades de concretarse en la medida que las diferentes partes involucradas toman un rol activo y conocen los pasos que deben realizar para cumplir con sus objetivos. Esto fue particularmente notorio después de la implementación del pronóstico a mediados de 2019, ya que hasta ese momento el proyecto fue estancado por diferentes circunstancias, muchas de ellas relacionadas con la aparición de escollos que se iban descubriendo en el camino y que hubo que ir resolviendo sobre la marcha. Esto lógicamente hacía muy difícil, sino imposible, poder estimar los tiempos de concreción del proyecto. En cambio cuando se encaró el proyecto desde una planificación y comprometiendo a las diferentes áreas intervinientes se tuvo un panorama más claro del camino a recorrer y los tiempos previstos para alcanzar los objetivos, más allá de que aun así el proyecto sufrió demoras. Además, fruto del aprendizaje logrado en la primera parte del proyecto de pronóstico, se evitó repetir errores del pasado, lo cual fue de gran ayuda para la implementación del SAT.

Lógicamente, siempre aparecen imponderables que pueden retrasar los proyectos y es importante asumir que forman parte del proceso. Más allá de que las dificultades que retrasan proyectos pueden resultar frustrantes, también son una oportunidad de mejora del proyecto original. Esto fue una constante a lo largo de los 5 años que duró el proyecto. Quizás el momento más difícil desde este punto de vista fue cuando hubo que discontinuar el proyecto de alertas por Gempak que si bien era factible de realizar, ofrecía una solución parcial en comparación con el proyecto de PIMET que ofrecía una solución mucho más integral a las necesidades del SMN. Claramente no había lugar para ambos proyectos al mismo tiempo, y en algún momento uno de los dos se debía discontinuar.

Podemos afirmar que cada traba o dificultad que aparece en un proyecto es un indicativo de que el mismo aún no está lo suficientemente maduro y que es necesario repensar al menos algún aspecto del mismo. E incluso puede suceder que haya aspectos no del todo pensados cuando finalmente se concreta el proyecto, lo que obligará a seguir mejorándolo a futuro. En definitiva, es prácticamente imposible concretar un proyecto que no tenga puntos débiles o fallas, por lo que se debe estar preparado para continuar mejorándolo una vez finalizado.

Por lo demás, como en la propia vida, todo proceso conlleva un aprendizaje y si bien puede por momentos ser doloroso, genera una experiencia y una sabiduría difícil de lograr de otra manera. A pesar de que en este documento se ha intentado contar con el mayor detalle posible todos los pasos dados en pos de la mejora de los pronósticos y el SAT, han quedado fuera muchos acontecimientos, recuerdos y vivencias personales que forman una parte muy importante del camino, que por cuestiones de espacio no han podido ser incluidas aquí.

REFERENCIAS

de Elía R., P. Lohigorry, D. Anaya, J. M. Guerrieri, y M. Saucedo, 2021: El tratamiento implícito de la incertidumbre en los pronósticos del SMN. Nota Técnica SMN 2021-85.

Herrera, N., M.M. Skansi, M.A. Berón, C. Campetella, A. Cejas, J. Chasco, F. Chesini, E. de Titto, M. Gatto, M. Saucedo y M. Suaya, 2018: Sistema de Alerta Temprana por Olas de Calor y Salud (SAT-OCS). Nota Técnica SMN 2018-50.

Herrera, N., F. Chesini, M.A. Saucedo, M.E. Menalled, C. Fernández, J. Chasco, A.G. Cejas, 2021: Sistema de Alerta Temprana por Temperaturas Extremas Calor (SAT-TE Calor): la evolución del SAT-OCS. Nota Técnica SMN 2021-111.

Ishikame, G., Lohigorry, P., Irurzun, P., Pappalardo, L., Sanchez Marino, M., Russian, G. y de Elía, R., 2019: Pronósticos a muy corto plazo en el apoyo meteorológico a los JJOO de la Juventud Buenos Aires 2018. Nota Técnica SMN 2019-54.

Lohigorry, P., de Elía, R., Russian, G., 2018: Pronósticos a muy corto plazo en el Servicio Meteorológico Nacional. Nota Técnica SMN 2018-46.

Saucedo, M., Campetella C., Cejas A., Cerrudo C., Amorin I., Stella J.L., 2021: Definición de umbrales meteorológicos para el nuevo sistema de alertas del SMN. Nota Técnica SMN 2021-109.

Saucedo, M., 2018: Implementación del Sistema Meteofactory en el Servicio Meteorológico Nacional. Anales del Congremet XIII, Rosario, 16-19 octubre 2018.

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que formaron parte de este proyecto que son muchas, por lo que es difícil dar nombres particulares sin correr el riesgo de olvidar alguno. No obstante podemos mencionar a las áreas de la Dirección de Pronóstico del Tiempo y Avisos, en especial a los pronosticadores de la CPR, que llevó adelante este proyecto, junto con la Oficina de Proyectos (PMO), y las áreas que fueron indispensables para el desarrollo del mismo, Meteorología y Sociedad, Prensa y Comunicación Ciudadana, Dirección de

Procesamiento y Soporte de la Información Meteorológica, la Dirección de Infraestructura Tecnológica, la Dirección de Servicios Sectoriales y la Dirección Central de Monitoreo del Clima. Asimismo, este proyecto tampoco podría haberse concretado sin el apoyo de la Dirección de Meteorología Aeronáutica, la Dirección de Redes de Observación, la Dirección de Operaciones y Comunicaciones Meteorológicas, la Dirección de Productos de Modelación Ambiental y de Sensores Remotos, la Dirección de Gestión Administrativa, Capacitación Interna y el Centro Regional de Formación. Además debemos mencionar a la Dirección de Servicios Jurídicos y la Unidad de Auditoría Interna cuya contribución permitió trabajar en los procedimientos de comunicación interna y externa de alerta naranja y rojo. Finalmente debemos mencionar a la directora Celeste Saulo, a la directora nacional de Pronósticos y Servicios para la Sociedad Claudia Campetella, a la directora nacional de Planificación y Gestión de la Información Meteorológica Verónica Sala y al director nacional de Infraestructura Tecnológica y Data Pablo Loyber quienes iniciaron e impulsaron el proyecto a lo largo del tiempo y dieron el apoyo necesario para la concreción del mismo.

Este proyecto también se llevó a cabo gracias al aporte de personas que son externas al SMN como Ignacio Gatti del IGN, y de otras que ya no están en el SMN como Andrea Portela, Julia Chasco, Sol Rossi, Hernán Ciminari, Daniel Anaya y Martín De María.

Agradecimiento especial a Alicia Cejas y Ramón de Elía por la revisión de este documento. Y a Claudia Campetella y Gustavo Techoueyres por la contribución para la escritura de esta nota.

ANEXO I: REGLAS DE USO DE ÍCONOS Y VARIABLES EN EL PRONÓSTICO DEL TIEMPO

Reglas acerca del uso de los íconos:

- 1- Los íconos para utilizar en el sistema de pronóstico son los siguientes: Despejado, Ligeramente Nublado, Algo Nublado, Parcialmente Nublado, Nublado, Ventoso, Neblina, Niebla, Niebla helada, Lloviznas, Lluvias aisladas, Lluvias, Chaparrones, Tormentas aisladas, Lluvia y Nieve, Nevadas, Tormentas, Lluvia fuerte, Tormenta fuerte, Nevada fuerte, Ventisca, Ventisca alta y Ventisca baja.
- 2- El ícono a utilizar representa el fenómeno más significativo en el área dentro de la franja horaria en cuestión. Los horarios representan las siguientes franjas horarias:
- 3- Para el día en curso y hasta el día + 2: el período de 06 UTC representa de 00 a 06 HOA; 12 UTC de 06 a 12 HOA; 18 UTC de 12 a 18 HOA y 00 UTC de 18 a 24 HOA.
Para el día +3 hasta el + 7: el período de 12 UTC representa de 00 a 12 HOA; y 18 UTC de 12 a 24 HOA.
- 4- En todos los casos los fenómenos significativos se indicaran siempre que el mismo se presente en un período de al menos 1 hora dentro del período de pronóstico.
- 5- En caso de estar en situación de alerta por lluvia, tormenta o nieve se debe utilizar los íconos de Lluvia Fuerte, Tormenta Fuerte o Nevada Fuerte, respectivamente. En situaciones de Advertencia por Niebla se debe necesariamente utilizar el ícono de niebla. No obstante, el uso del ícono de Niebla no implica necesariamente una advertencia por Niebla. En situaciones de alerta por viento o viento zonda puede, aunque no es necesario, utilizarse el ícono de ventoso.
- 6- En caso de tener más de un fenómeno significativo en simultáneo en una misma región, utilizar la siguiente regla en orden de prioridad (de orden izquierda a derecha y en caso de igualdad en columna de arriba hacia abajo):

1- Fenómenos de alerta o aviso especial	2- Fenómenos significativos que no implican alerta	3- Condiciones de cielo
Tormentas fuertes, lluvias fuertes, nevadas fuertes (íconos con fondo rojo en PIMET)	Tormentas, lluvias, nevada, lluvia y nieve, chaparrones	Despejado, ligeramente nublado, algo nublado, parcialmente nublado, mayormente nublado, nublado
Ventisca (alta, baja)	Niebla, neblina	
Niebla	Llovizna, tormentas aisladas, lluvias aisladas	
Ventoso		

- 7- En las áreas de Cordillera y en la región patagónica se utilizarán los siguientes íconos de ventisca si se dan las siguientes condiciones:

- Ventisca: cuando haya un evento con nevadas moderadas a fuertes con vientos mayores a 25 kt.
- Ventisca baja: cuando haya viento mayor a 25 kt, pero menor a 35 kt y suelo nevado.
- Ventisca alta: cuando haya viento mayor a 40 kt y/o suelo nevado y/o coincidiendo con nevadas moderadas a fuertes. Si se dan las 3 situaciones en simultáneo, colocar ventisca.

Acerca del uso del icono y la probabilidad

- 1- Los valores de probabilidad posibles para utilizar son los siguientes: 0, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 y 100%. Estos valores se traducirán en el pronóstico según los siguientes rangos de probabilidad: Nula (0%), Muy Baja (10%), Baja (entre 15 y 40%), Media (entre 45 y 70%) y Alta (entre 75 y 100%). Esto implica que no hay distinción entre utilizar el valor de 20 o 30%, ya que en el producto final ambos valores se traducen en una baja probabilidad de precipitación.
- 2- Cuando se indique un ícono con precipitación se debe utilizar una probabilidad mayor o igual a 15.
- 3- En casos particulares en donde la probabilidad de precipitación es muy baja o bien la precipitación de ocurrir será insignificante (por ejemplo que no llegue a humedecer la superficie), se puede utilizar un ícono que no indique precipitación con una probabilidad de 10. En estos casos en particular se debe utilizar los íconos de Parcialmente Nublado, Mayormente Nublado y Nublado.
- 4- En casos de íconos de Despejado, Ligeramente Nublado y Algo Nublado se debe utilizar una probabilidad de 0%.
- 5- Para casos de Ventoso, Niebla, Neblina, Ventisca, Ventisca Alta y Ventisca Baja, se pueden utilizar cualquier valor de probabilidad según criterio del pronosticador.
- 6- En plazos de hasta 24 horas se puede utilizar valores de hasta 100 % inclusive. En plazos de entre 24 y 72 horas se puede utilizar valores de hasta 70 % inclusive. Finalmente, en plazos de entre 72 y 168 horas se pueden utilizar valores de hasta 40 % inclusive.

Acerca del uso del viento

- 1- Para la variable viento se debe determinar la dirección e intensidad del mismo, y en caso de haberlas, la intensidad de las ráfagas en valores de nudos o kt.
- 2- Para la dirección del viento se puede seleccionar las direcciones N (0°), NNE (22.5°), NE (45°), ENE (67.5°), E (90°), ESE (112.5°), SE (135°), SSE (162.5°), S (180°), SSO (202.5°), SO (225°), OSO (247.5°), O (270°), ONO (292.5°), NO (315°) y NNO (337.5°).

- 3- Para la intensidad del viento se pueden seleccionar los valores de calma, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 y 65 kt. Para el caso de las ráfagas se puede seleccionar los valores de No Ráfaga, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90, 100, y mayor a 110 kt.
- 4- Utilizar los valores de viento e intensidad teniendo en cuenta los umbrales de alerta para cada región.
- 5- Para plazos de entre 72 y 168 horas se sugiere utilizar valores de viento medio no mayores a 25 kt y ráfagas de hasta 35 kt.
- 6- La intensidad del viento no puede ser mayor o igual al de las ráfagas en el caso que las mismas sean de un valor mínimo de 25 kt.

Acerca de los valores de temperatura e íconos

- 1- Los valores de temperatura se determinarán para todos los períodos de pronósticos, siendo el rango de valores posibles entre -39 y 50°C con incrementos de a 1°C.
- 2- Para el día en curso y los 2 días siguientes, se debe ubicar el rango horario en que se dará la temperatura mínima y máxima, y colocar en dichos rangos horarios los respectivos valores de mínima y máxima diaria. Para los dos rangos horarios restantes colocar valores intermedios, por lo general los valores esperados para el momento medio de dicho intervalo.
- 3- Para los días +3 a +7, al contar únicamente con dos rangos horarios, colocar los valores mínimo y máximo diario según el rango horario que corresponda.
- 4- En caso de tener íconos de Lluvia, Lloviznas, Lluvia aislada, Lluvia fuerte, Tormentas aisladas, Tormenta o Tormenta fuerte no colocar valores de temperatura inferiores a 0°C.
- 5- En caso de tener íconos de Nevada o Nevada Fuerte la temperatura no puede ser mayor a 3°C.
- 6- En caso de tener ícono de Lluvia y Nieve la temperatura no puede ser mayor a 6°C.

Instrucciones para publicar Notas Técnicas

En el SMN existieron y existen una importante cantidad de publicaciones periódicas dedicadas a informar a usuarios distintos aspectos de las actividades del servicio, en general asociados con observaciones o pronósticos meteorológicos.

Existe no obstante abundante material escrito de carácter técnico que no tiene un vehículo de comunicación adecuado ya que no se acomoda a las publicaciones arriba mencionadas ni es apropiado para revistas científicas. Este material, sin embargo, es fundamental para plasmar las actividades y desarrollos de la institución y que esta dé cuenta de su producción técnica. Es importante que las actividades de la institución puedan ser comprendidas con solo acercarse a sus diferentes publicaciones y la longitud de los documentos no debe ser un limitante.

Los interesados en transformar sus trabajos en Notas Técnicas pueden comunicarse con Ramón de Elía (rdelia@smn.gov.ar), Luciano Vidal (lvidal@smn.gov.ar) o Martín Rugna (mrugna@smn.gov.ar) de la Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios, para obtener la plantilla WORD que sirve de modelo para la escritura de la Nota Técnica. Una vez armado el documento deben enviarlo en formato PDF a los correos antes mencionados. Antes del envío final los autores deben informarse del número de serie que le corresponde a su trabajo e incluirlo en la portada.

La versión digital de la Nota Técnica quedará publicada en el Repositorio Digital del Servicio Meteorológico Nacional. Cualquier consulta o duda al respecto, comunicarse con Melisa Acevedo (macevedo@smn.gov.ar).