



Servicio  
Meteorológico  
Nacional

# Implementación del sistema de pronóstico numérico en el HPC:

## Características del sistema de asimilación de datos LETKF-WRF

Nota Técnica SMN 2020-82

**María Eugenia Dillon<sup>1,2</sup>, Paula Maldonado<sup>1</sup>, Federico Cutraro<sup>1</sup>, Yanina García Skabar<sup>1,2</sup> y Maximiliano Sacco<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Dirección de Productos de Modelación Ambiental y Sensores Remotos, Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios, Servicio Meteorológico Nacional.*

<sup>2</sup>*Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina(CONICET).*

Noviembre 2020



Ministerio de Defensa  
Presidencia de la Nación

### *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

Esta Nota Técnica forma parte de una serie que recopila informes realizados en el marco de la implementación del sistema de pronóstico numérico en el sistema de cómputo de alta performance HPC, Huayra Muyu (HM), adquirido a través del proyecto CyT Alerta. En la presente se describen las características principales del sistema de asimilación de datos LETKF-WRF implementado en el SMN que se espera encuentre operativo a principios del año 2021. En particular, se detalla la configuración empleada en el modelo numérico, los parámetros relevantes de la técnica de asimilación de datos, las fuentes de observación utilizadas en el proceso de asimilación, el proceso de post-procesamiento de los datos y los productos generados para monitorear el funcionamiento del sistema de asimilación. Asimismo, se describen los recursos computacionales requeridos para implementar el sistema LETKF-WRF en el HPC del SMN.

## Abstract

This Technical Note is part of a series that describes the work carried out to implement the numerical forecast system in the High Performance Computer Huayra Muyu (HM), which was financed as part of the CyT Alerta project. This Technical Note describes the main features of the LETKF-WRF data assimilation system implemented in the SMN, which is expected to become operational in early 2021. In particular, the numerical weather prediction model configuration, the relevant parameters of the data assimilation technique, the assimilated observations, the post-processing, and the products generated to monitor the performance of the assimilation system, are described in detail. Finally, the computational resources required to implement the LETKF-WRF system in the HPC of the SMN are also addressed.

**Palabras clave:** asimilación de datos, WRF, LETKF, HPC, configuración

## Citar como:

Dillon, M. E., P. Maldonado, F. Cutraro, Y. García Skabar y M. Sacco, 2020: Implementación del sistema de pronóstico numérico en el HPC: Características del sistema de asimilación de datos LETKF-WRF. Nota Técnica SMN 2020-82.

## PRÓLOGO

Esta Nota Técnica forma parte de una serie que recopila informes realizados en el marco de la implementación del sistema de pronóstico numérico en el sistema de cómputo de alta performance HPC, Huayra Muyu (HM), adquirido a través del proyecto CyT Alerta. Un mayor detalle del sistema de cómputo y del proyecto CyT Alerta se puede encontrar en de Elía y otros (2020). Con esta serie de Notas Técnicas se busca documentar el proceso de configuración del sistema de pronóstico numérico, en el cual se fueron tomando decisiones en función de los requisitos de usuarios, el desempeño de los modelos, la capacidad de cómputo y el almacenamiento disponible.

## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores desafíos en el pronóstico numérico del tiempo es describir las condiciones iniciales del estado de la atmósfera lo más precisamente posible. Una forma de hacerlo es emplear sistemas de asimilación de datos que se encargan de generar lo que se denomina un “análisis”, el cual está basado en un pronóstico a corto plazo (o first guess) combinado con las observaciones disponibles, y representa la mejor estimación posible del estado del sistema atmosférico en un momento dado. En el caso de los modelos regionales muchas veces se utilizan análisis globales, cuya resolución horizontal es inferior a la empleada por el modelo regional, para su inicialización. Sin embargo, la posibilidad de generar análisis regionales en alta resolución implica un gran avance para un sistema de pronóstico numérico local dado que se pueden incorporar observaciones no asimiladas en los modelos globales, por ejemplo de estaciones automáticas y observaciones de radar.

En los últimos años se viene trabajando regionalmente con una técnica de asimilación basada en ensambles denominada Local Ensemble Transform Kalman Filter (LETKF) (Hunt y otros, 2007) obteniendo resultados alentadores, en particular acoplada con el modelo numérico regional Weather Research and Forecasting (WRF) (Dillon y otros, 2016; Dillon y otros, 2019). Por este motivo se decidió implementar el sistema de asimilación LETKF-WRF en el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), el cual resulta una pieza fundamental en el sistema de pronóstico numérico implementado en el sistema de cómputo de alto rendimiento (HPC) del SMN. En la presente nota técnica se describen las características más relevantes del sistema LETKF-WRF y de las observaciones utilizadas, y se detallan los productos elegidos para realizar el monitoreo del funcionamiento del sistema de asimilación de datos.

## 2. DISEÑO DEL SISTEMA LETKF-WRF

Con el fin de configurar el ensamble para el sistema de asimilación se utilizan las mismas combinaciones de parametrizaciones usadas para el pronóstico por ensambles, pero con

repeticiones dado que el ensamble del sistema LETKF-WRF consta de 40 miembros (Tabla I). Para lograr que todos los miembros sean distintos se usan distintas condiciones de borde: del miembro 001 al 020 se usan los miembros 01 al 20 del GEFS ordenados, mientras que del miembro 021 al 040 se utilizan los miembros 20 al 01 del GEFS, es decir en orden inverso. De esta manera ninguna realización posee la misma combinación de física y la misma condición de borde. Cabe destacar que para las condiciones de borde se utilizan campos perturbados de GFS de resolución 0.25°, los cuales se construyen añadiendo la anomalía del GEFS de resolución 0.5° respecto a su media al GFS en alta resolución.

El dominio coincide con el definido para el pronóstico determinístico y por ensambles del modelo WRF, al igual que la resolución horizontal de 4 km y vertical de 45 niveles. Un mayor detalle de las configuraciones correspondientes al pronóstico determinístico y por ensamble que se realizan en forma operativa en el SMN se presentan en las Notas Técnicas 78 y 79, respectivamente (Dillon y otros, 2020 a y b).

**Tabla I. Combinación de las configuraciones físicas en el ensamble del LETKF-WRF.**

Combinación de las configuraciones de los miembros del ensamble del LETKF-WRF					
Microfísica	Nro de miembro - Capa Límite Planetaria				
<b>WSM6</b>	001-MYJ 021-MYJ	002-MYJ 022-MYJ	003-MYJ 023-MYJ	004-SH 024-SH	005-SH 025-SH
	006-SH 026-SH	007-YSU 027-YSU	008-YSU 028-YSU	009-YSU 029-YSU	010-MYJ 030-MYJ
<b>LIN</b>	011-MYJ 031-MYJ	012-MYJ 032-MYJ	013-MYJ 033-MYJ	014-SH 034-SH	015-SH 035-SH
	016-SH 036-SH	017-YSU 037-YSU	018-YSU 038-YSU	019-YSU 039-YSU	020-YSU 040-YSU

Respecto a los parámetros propios del LETKF los más relevantes son:

- *Método de inflación:* Relaxation to Prior Spread (Whitaker y Hamill, 2012) con un parámetro de inflación de 0.95.
- *Localización horizontal:* el radio máximo para observaciones convencionales es aproximadamente 180 km (con una escala de localización de 50 km) y para las observaciones de reflectividad es de 25.5 km (con una escala de localización de 7 km).
- *Localización vertical:* el radio máximo para observaciones convencionales es aproximadamente 12 km (con una escala de localización en presión de 0.4) y para las observaciones de reflectividad es 7.3 km (con una escala de localización en altura de 2 km).
- *Rechazo de observaciones:* cuando la diferencia entre el first guess y la observación es mayor a 5 veces el error de la observación .

Se generan análisis horarios asimilando observaciones en 7 slots de 10 minutos cada uno durante la hora previa al análisis (ver sección 3). En cada ciclo se realiza un monitoreo del sistema (ver sección 4) y se postprocesan los análisis y first guess para almacenar los archivos listados en la Tabla II. En particular, por cada ciclo de asimilación se requiere un espacio en disco de 5.4 Gb para almacenar archivos temporales y 330 Mb para almacenar archivos históricos.

**Tabla II.** Características de los archivos postprocesados que se almacenan luego de cada ciclo del LETKF-WRF. <sup>1</sup>El spread al cuadrado se calcula como el promedio sobre los miembros del ensamble de la diferencia cuadrática entre cada miembro y la media del ensamble, es decir:  $[1/(R-1) \sum (X_{me}-X_i)^2]$ , con  $i=\{1...R\}$  miembros del ensamble, es decir que las dimensiones son de latitud, longitud y nivel. <sup>2</sup>El RMSD update se calcula como el error cuadrático medio de la diferencia entre la media del análisis y la media del first guess, ya sea promediando en todo el dominio o en toda la vertical.

Archivo	Contenido	Variables	Tamaño	Almacena miento
model.WRF_ANA_4km.*fecha*OPER*miembro*.nc	Todos los miembros del Análisis	Q, GEOPT, T, Umet, Vmet en 850, 500, 200 hPa PSFC, SLP, T2, Q2, PP, REFL1KM, REFL4KM, MDBZ, Umet10, Vmet10	40*70Mb = 2.7 Gb	Temporal
model.WRF_GUES_S_4km.*fecha*OPE R*miembro*.nc	Todos los miembros del First Guess		40*70Mb = 2.7 Gb	Temporal
model.WRF_ASP_4km.*fecha*OPERL EV.nc	Spread del Análisis al cuadrado <sup>1</sup> (LEV)	Q_spread2, T_spread2, GEOPT_spread2, U_spread2, V_spread2 en 850, 500, 200 hPa	55 Mb	Histórico
model.WRF_GSP_4km.*fecha*OPERL EV.nc	Spread del First Guess al cuadrado <sup>1</sup> (LEV)		55 Mb	Histórico
model.WRF_ASP_4km.*fecha*OPER SFC.nc	Spread del Análisis al cuadrado <sup>1</sup> (SFC)	PSFC_spread2, T2_spread2, Q2_spread2, PP_spread2, MDBZ_spread2, SLP_spread2, U10_spread2, V10_spread2, REF1KM_spread2, REF4KM_spread2	35 Mb	Histórico
model.WRF_GSP_4km.*fecha*OPER SFC.nc	Spread del First Guess al cuadrado <sup>1</sup> (SFC)		35 Mb	Histórico
model.WRF_AME_4km.*fecha*OPERL EV.nc	Media del ensamble del Análisis (LEV)	Q, GEOPT, T, Umet, Vmet en 850, 500, 200 hPa	45 Mb	Histórico
model.WRF_GME_4km.*fecha*OPERL EV.nc	Media del ensamble del First Guess (LEV)		45 Mb	Histórico
model.WRF_AME_	Media del	PSFC, SLP, T2, Q2, PP,	30 Mb	Histórico

4km.*fecha*OPER SFC.nc	ensamble del Análisis (SFC)	REFL1KM, REFL4KM, MDBZ, Umet10, Vmet10		
model.WRF_GME_ 4km.*fecha*OPER SFC.nc	Media del ensamble del First Guess (SFC)		30 Mb	Histórico
model.WRF_UPD_ 4km.*fecha*OPERL EV.nc	Perfiles verticales de RMSD update <sup>2</sup> (Ana medio - Guess Medio)	Q_update, T_update, U_update, V_update, Z_update, GEOPT_update, QCLOUD_update, QRAIN_update, QICE_update, QSNOW_update, QGRAUP_update	80 Kb	Histórico
model.WRF_UPD_ 4km.*fecha*OPER SFC.nc	Campo horizontal promediado de RMSD update <sup>2</sup> (Ana medio - Guess medio)	Q_update, T_update, U_update, V_update, Z_update, GEOPT_update, QCLOUD_update, QRAIN_update, QICE_update, QSNOW_update, QGRAUP_update	35 Mb	Histórico
<b>Total espacio temporal requerido para el postproceso de un ciclo</b>			<b>5.4 Gb</b>	<b>Temporal</b>
<b>Total espacio de almacenamiento para el postproceso de un ciclo</b>			<b>330 Mb</b>	<b>HIST</b>

Se realizaron pruebas de ejecución para determinar una configuración óptima en términos de recursos computacionales empleados y tiempo de ejecución para realizar un ciclo completo de asimilación. En función de las mismas, se utilizan 6 nodos por miembro del ensamble del WRF para realizar un pronóstico a 1 hora, con salidas en intervalos de 10 minutos, obteniendo los pronósticos de los 40 miembros del ensamble empleando un total de 240 nodos y en un tiempo aproximado de 10 minutos. Para la ejecución del proceso de asimilación se utilizan 20 nodos y el tiempo de ejecución es de 5 minutos aproximadamente. Los programas concernientes al postprocesamiento de los datos suman 9 minutos, usando 3 nodos. Es decir que **un ciclo completo de asimilación se realiza en aproximadamente 24 minutos**.

Dada la estructura actual de ejecución del pronóstico determinístico y por ensambles en HM (4 veces al día con una duración de 3:30 horas aproximadamente), se plantea ejecutar el sistema de asimilación LETKF-WRF en forma diaria realizando 6 ciclos consecutivos cuatro veces por día. Considerando que las observaciones necesarias se encuentran procesadas previamente (ver sección 3) y que en ciclos de asimilación consecutivos se ejecutan en forma simultánea el

postprocesamiento del ciclo previo y el pronóstico numérico del ciclo siguiente, se podrían obtener 6 ciclos seguidos de asimilación en aproximadamente 2 horas y media.

### 3. OBSERVACIONES ASIMILADAS POR EL LETKF-WRF

La obtención y procesamiento de observaciones se realiza de manera horaria pero independiente y previamente a la ejecución del sistema de asimilación. En la Tabla III se presenta un listado de las fuentes de observación incorporadas en el desarrollo actual.

**Tabla III.** Observaciones asimiladas en el sistema LETKF-WRF actual. \*S.O. se refiere a la técnica de superobbing.

Fuente de observación	Variables	Consideraciones
<b>SUPERFICIE</b>	U, V, T, HR, PSFC	Flujo interno SMN
<b>SONDEOS</b>	U, V, T, HR	Flujo interno SMN
<b>AVIÓN (AMDAR)</b>	U, V, T	Flujo interno SMN
<b>SAT POLAR (AIRS)</b>	T, Q	* Se obtienen de la NASA * Resolución aproximada 45 km
<b>GOES (DMW)</b>	U, V	* Flujo interno SMN * Se aplica S.O.*
<b>RADAR</b>	REF	* Se aplica S.O.* * Se utiliza la salida del proceso de control de calidad que se ejecuta en el SMN.
<b>BARCOS (y boyas)</b>	U, V, T, HR, PSFC	Flujo interno SMN
<b>AUTOMÁTICA</b>	U, V, T, HR, PSFC	Flujo interno SMN

Los errores adjudicados a cada observación se obtienen o bien mediante el proveedor de la misma o se asignan considerando las recomendaciones del paquete de asimilación de datos del WRF (WRFDA, Barker et al. 2012). Por otro lado, dada la gran cantidad de datos de algunas fuentes de observación en comparación a la cantidad de puntos de retícula del modelo, como son las observaciones provenientes del satélite GOES o las observaciones de radar se implementa la técnica de superobbing que consiste en generar una super-observación a partir de promediar un número de observaciones cercanas, permitiendo reducir espacialmente el número de observaciones disponibles.

Para los DMW (Derived Motion Vectors) del GOES el superobbing aplicado consiste en tomar un reticulado de 30 km en la horizontal y 25 hPa en la vertical y promediar todas las observaciones que se encuentran dentro de cada intervalo, asignando la super-observación al punto medio. Para las observaciones de reflectividad de radar, la técnica superobbing convierte los datos de su resolución original (i.e., 500 m en rango) a una resolución horizontal de 10 km, a una resolución vertical de 1 km y a una resolución temporal de 10 minutos correspondiente a los slots en los que se divide la ventana de asimilación. Finalmente solo se asimilan observaciones de reflectividad del slot correspondiente al tiempo del análisis. Cabe destacar que los valores fijados para las técnicas de superobbing podrían variar ya que los mismos se encuentran actualmente en evaluación.

Asimismo se encuentra en desarrollo la incorporación de otras fuentes de observación. Una de ellas son las estimaciones de viento superficiales sobre el océano del ASCAT (Advanced Scatterometer) de la NASA. Otras observaciones relevantes son las provenientes de los aviones de Aerolíneas Argentinas, que si bien no están catalogadas como AMDAR ofrecen información de temperatura y viento en altura. También resultan de interés las mediciones del vapor de agua integrado en una columna obtenidas a partir de datos de GNSS (Global Navigation Satellite System), los cuales están disponibles mediante el Laboratorio MAGGIA de la Universidad Nacional de La Plata (Bianchi y otros, 2016).

#### 4. PRODUCTOS DE MONITOREO

El proceso de monitoreo del sistema LETKF-WRF se basa en la generación de distintos productos que permiten realizar un seguimiento del funcionamiento del sistema respecto de las características de las observaciones asimiladas y las correcciones que las mismas introducen en el first guess. Una etapa se realiza a partir del archivo binario *obs.dat* que genera en forma automática el programa que realiza la asimilación de datos y que contiene información sobre las observaciones asimiladas en cada ciclo. En particular, se tiene información de la posición (longitud, latitud, elevación) y magnitud del dato observado, el código de identificación de la fuente de observación y de la variable observada, el valor de error observacional asignado para el proceso de asimilación, la diferencia entre la observación y tanto el first guess como el análisis, y el slot de la ventana de asimilación al que corresponde la observación. Para otra etapa se utilizan los archivos postprocesados que contienen la diferencia entre el análisis medio y el first guess medio (también denominado update, ver sección 2) como medida del impacto que las observaciones asimiladas tienen en el first guess.

Para cada ciclo de asimilación se generan cinco productos:

1. Una tabla que lista el número de observaciones asimiladas en cada slot de la ventana de asimilación, discriminando por fuente, observación y variable (Figura 1).

2. Una figura que muestra la distribución espacial de las observaciones asimiladas, discriminando por fuente de observación (Figura 2).
3. Un archivo en formato *pickle* que contiene el número de observaciones asimiladas y el valor máximo, mínimo y medio, discriminando por fuente de observación y variable, con el objetivo de generar una base de datos que permita realizar un control automático de las distintas fuentes de observación y variables que se encuentran fuera del rango esperado.
4. Una figura que muestra campos del RMSD update promediado en toda la vertical, de distintas variables (Figura 3).
5. Una figura que muestra el perfil vertical del RMSD update promediado en todo el dominio, de distintas variables (Figura 4).

Asimismo, con una frecuencia semanal/mensual se generan tres productos:

1. Para cada fuente de observación, una figura que muestra la evolución temporal del valor medio, máximo y mínimo de las observaciones promediando en la totalidad del dominio y la ventana de asimilación, discriminando por variable observada (Figura 5).
2. Para los cuatro ciclos de análisis principales (00Z, 06Z, 12Z, 18Z) y cada variable observada por las estaciones de superficie (automáticas y superficie), una figura que muestra la distribución espacial del valor medio observado (Figura 6).
3. Para cada fuente de observación y variable, una figura que muestra la evolución temporal de ciertos estadísticos del sistema de asimilación correspondientes al tiempo del análisis (slot 7) y promediando en la totalidad del dominio (Figura 7). Los estadísticos incluyen: el valor medio de las observaciones, el first guess y el análisis; el valor medio y desvío estándar de la diferencia entre las observaciones y el first guess/análisis; y el número de observaciones asimiladas.

OBSERVACIONES ASIMILADAS  
FECHA DE ANALISIS: 2020-02-20 12Z

SLOT 1										SLOT 2										
	U	V	T	TV	Q	HR	REF	DV	PSFC		U	V	T	TV	Q	HR	REF	DV	PSFC	
SONDEOS										SONDEOS										
AVIONES	17	17	17							AVIONES										
GOES										GOES										
SUPERFICIE	85	85	86			7			36	SUPERFICIE										
BARCOS									4	BARCOS										
RADAR										RADAR										
ASCATW										ASCATW										
SAT. POLAR										SAT. POLAR										
AUTOMATICA	63	63	119			7			25	AUTOMATICA										

SLOT 3										SLOT 4										
	U	V	T	TV	Q	HR	REF	DV	PSFC		U	V	T	TV	Q	HR	REF	DV	PSFC	
SONDEOS										SONDEOS										
AVIONES										AVIONES										
GOES										GOES										
SUPERFICIE										SUPERFICIE										
BARCOS										BARCOS										
RADAR										RADAR										
ASCATW										ASCATW										
SAT. POLAR										SAT. POLAR										
AUTOMATICA										AUTOMATICA										

SLOT 5										SLOT 6										
	U	V	T	TV	Q	HR	REF	DV	PSFC		U	V	T	TV	Q	HR	REF	DV	PSFC	
SONDEOS										SONDEOS										
AVIONES										AVIONES										
GOES										GOES										
SUPERFICIE										SUPERFICIE										
BARCOS										BARCOS										
RADAR										RADAR										
ASCATW										ASCATW										
SAT. POLAR										SAT. POLAR										
AUTOMATICA										AUTOMATICA										

SLOT 7										TOTAL										
	U	V	T	TV	Q	HR	REF	DV	PSFC		U	V	T	TV	Q	HR	REF	DV	PSFC	
SONDEOS	1084	1088	1090			1038				SONDEOS	1084	1088	1090			1038				
AVIONES	8	8	8							AVIONES	25	25	25							
GOES										GOES										
SUPERFICIE	206	204	214			32			83	SUPERFICIE	291	289	300			39			119	
BARCOS									4	BARCOS									8	
RADAR							2873			RADAR							2873			
ASCATW										ASCATW										
SAT. POLAR										SAT. POLAR										
AUTOMATICA	61	58	117			13			19	AUTOMATICA	124	121	236			20			44	

Figura 1: Número de observaciones asimiladas en el ciclo de las 12Z del día 20/02/2020.

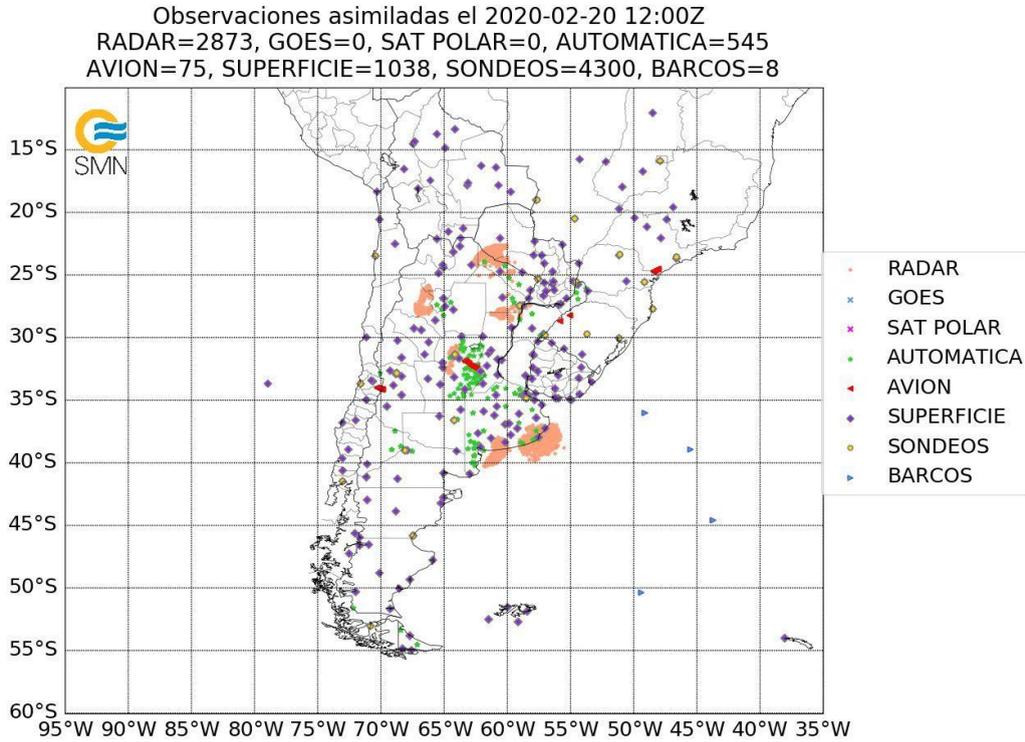


Figura 2: Distribución de las observaciones asimiladas en el ciclo de las 12Z del día 20/02/2020.

LETKF WRF - RMSD update de la media del ensamble (ANA-GUES)  
Válido para el 20 de febrero de 2020 a las 12 UTC

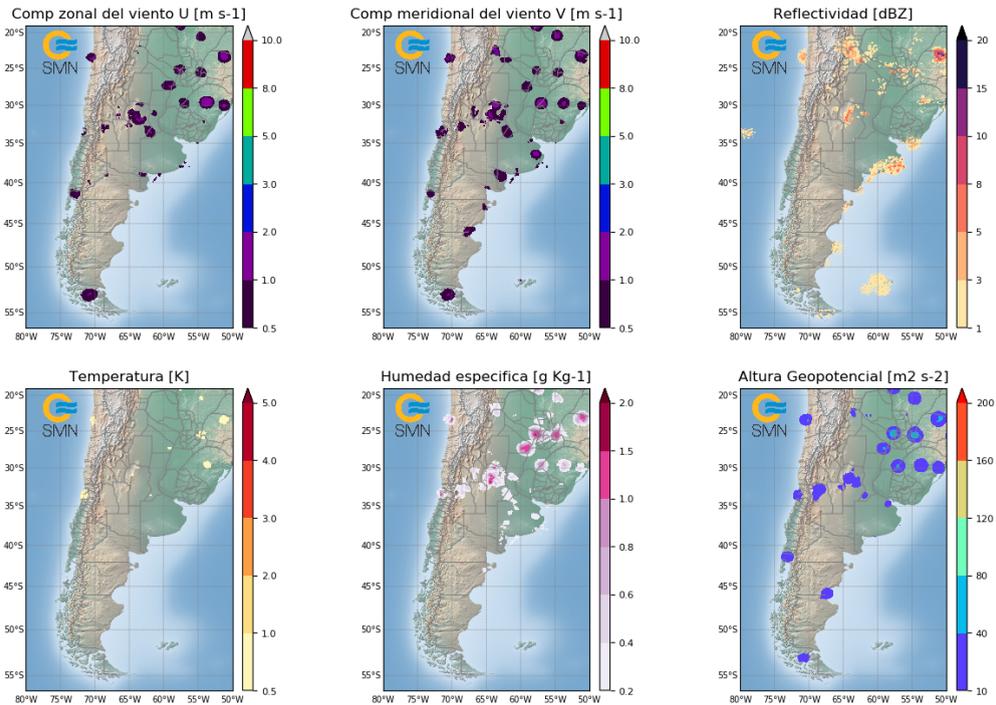
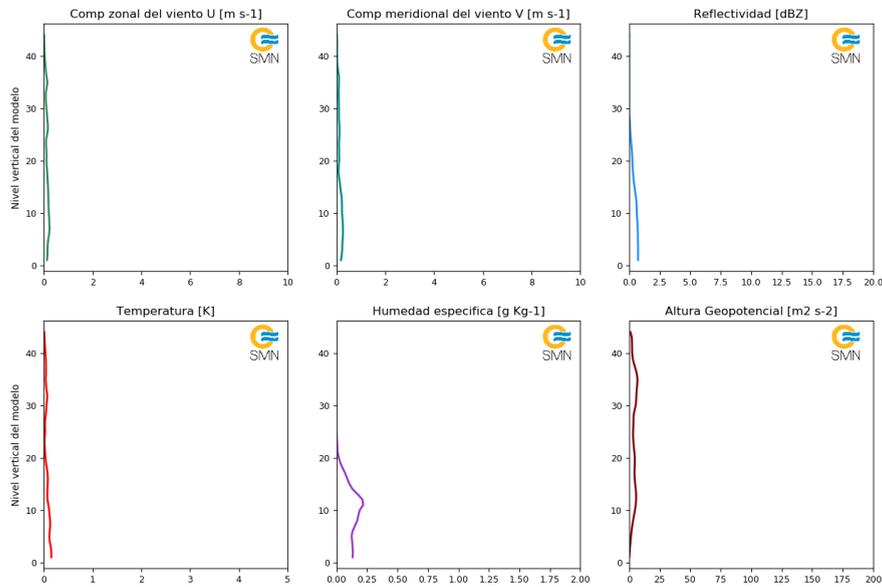
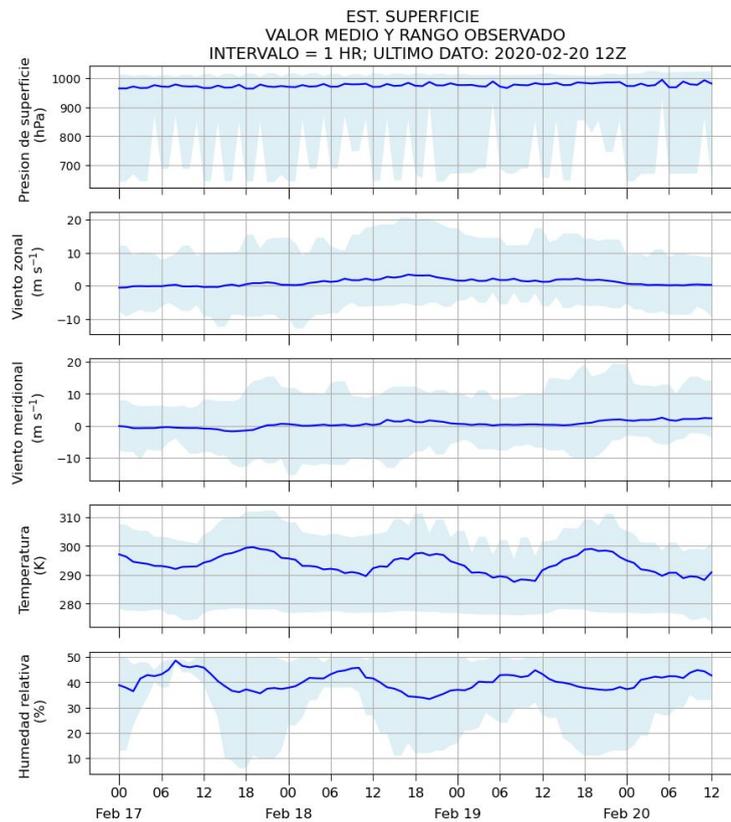


Figura 3: Campos horizontales del RMSD update del ciclo de las 12Z del día 20/02/2020.

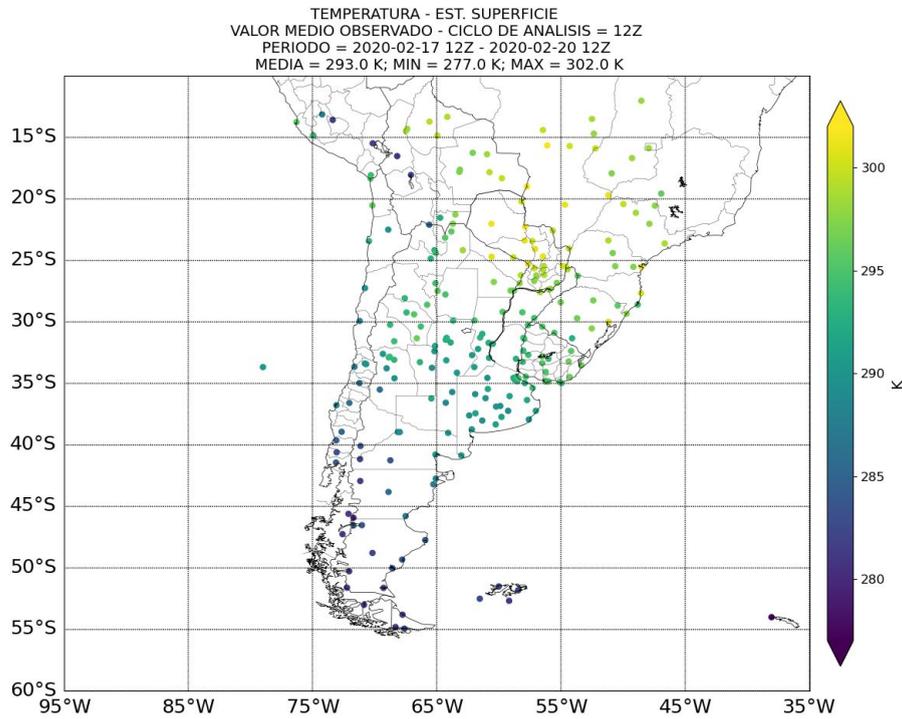
LETKF WRF - RMSD update de la media del ensemble (ANA-GUES)  
Válido para el 20 de febrero de 2020 a las 12 UTC



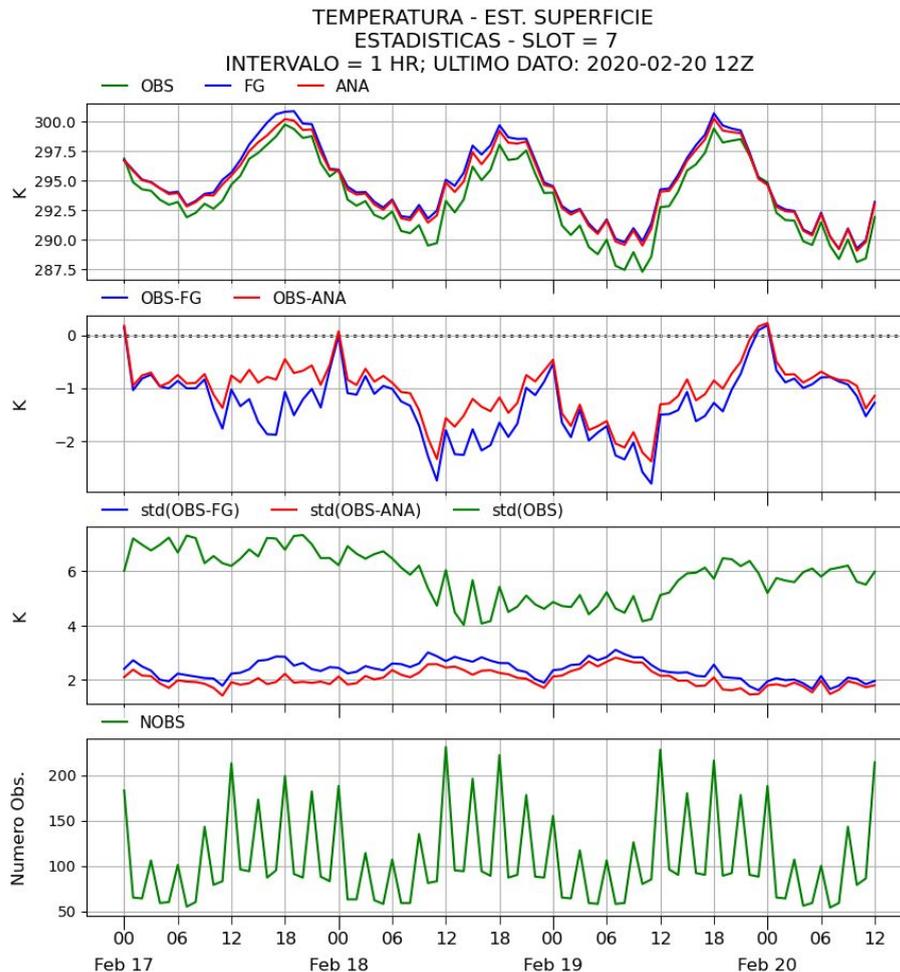
**Figura 4:** Perfiles verticales del RMSD update del ciclo de las 12Z del día 20/02/2020.



**Figura 5:** Evolución temporal del valor medio (línea azul) y rango (sombreado) de las variables observadas a partir de estaciones de superficie para el periodo 00Z 17/02/2020 - 12 Z 20/02/2020. El promedio se realiza en la totalidad del dominio y la ventana de asimilación.



**Figura 6:** Valor medio observado de temperatura a partir de estaciones de superficie para el ciclo de análisis de las 12 Z durante el periodo 17/02/2020 - 20/02/2020.



**Figura 7:** Evolución temporal de estadísticos del sistema de asimilación correspondientes al tiempo del análisis (slot 7) para observaciones de temperatura de estaciones de superficie durante el periodo 00Z 17/02/2020 - 12 Z 20/02/2020. Valor medio de las observaciones (OBS), el first guess (FG) y el análisis (ANA); el valor medio y desvío estándar de la diferencia entre las observaciones y el first guess/análisis (OBS-FG; OBS-ANA); y el número de observaciones asimiladas (NOBS). El promedio se realiza en la totalidad del dominio.

## 5. CONCLUSIONES

Actualmente, el sistema de asimilación de datos LETKF-WRF se encuentra implementado en el sistema HPC del SMN en una fase experimental, y se espera que a inicios de 2021 el mismo se encuentre operativo. A partir de ese momento se podrá evaluar su desempeño y en caso de ser necesario redefinir características relacionadas al sistema de asimilación como así también al esquema de ejecución del mismo. Asimismo se continuará trabajando en la inclusión de nuevas fuentes de observación. Luego de un periodo de testeo del sistema, se realizarán experimentos numéricos inicializando el pronóstico determinístico y por ensambles a partir del sistema de

análisis regional y se evaluará su desempeño y el impacto que tienen las observaciones en dichos pronósticos.

## 6. REFERENCIAS

Barker D, Huang XY, Liu Z, Auligné T, Zhang X, Rugg S, Ajjaji R, Bourgeois A, Bray J, Chen Y, Demirtas M, Guo YR, Henderson T, Huang W, Lin HC, Michalakes J, Rizvi S, Zhang X., 2012: The Weather Research and Forecasting Model's Community Variational/Ensemble Data Assimilation System: WRFDA. *Bulletin of the American Meteorological Society* 93(6): 831–843, doi:10.1175/BAMS-D-11-00167.1

Bianchi, C. E., Mendoza, L. P. O., Fernández, L. I., Natali, M. P., Meza, A. M., & Moirano, J. F., 2016: Multi-year GNSS monitoring of atmospheric IWV over Central and South America for climate studies. *Annales Geophysicae*, 34.

de Elía R., M. Gené, V. Sala, P. Loyber, Y. García Skabar, M. Arianna, 2020: Un salto en la potencia de cálculo en el SMN: cómo se adquirió el nuevo HPC. Nota Técnica SMN 2020-67.  
<http://repositorio.smn.gov.ar/handle/20.500.12160/1296>

Dillon ME, García Skabar Y, Ruiz J, Kalnay E, Collini EA, Echevarría P, Saucedo M, Miyoshi T, Kunii M., 2016: Application of the WRF-LETKF Data Assimilation System over Southern South America: Sensitivity to Model Physics. *Weather and Forecasting* 31(1): 217–236, doi:10.1175/WAF-D-14-00157.1

Dillon M.E., P. Corrales, P. Maldonado, Y. García Skabar, J. Ruiz, M. Sacco, F. Cutraro, L. Mingari, C. Matsudo, P. Hobouchian, L. Vidal, M. Rugna, P. Salio, S. Nesbitt, E. Kalnay, T. Miyoshi., 2019: A Rapid Refresh ensemble based data assimilation and forecast system (RRA) for the RELAMPAGO field campaign in Argentina. RELAMPAGO-CACTI Data Analysis Workshop, Buenos Aires, Argentina; 19 al 21 de Noviembre de 2019. Presentación Oral. Publicada en [https://docs.google.com/document/d/1Bkbi-OekLrwzKNQRanq\\_MsJgpwtntq9MFOUUrNAMgbRA/edit](https://docs.google.com/document/d/1Bkbi-OekLrwzKNQRanq_MsJgpwtntq9MFOUUrNAMgbRA/edit)

Dillon, M. E., C. Matsudo, Y. García Skabar, M. Sacco, 2020a: Implementación del sistema de pronóstico numérico en el HPC: Configuración de los pronósticos determinísticos. Nota Técnica SMN 2020-78.



Dillon, M.E., Matsudo, C., Y. García Skabar, M. Sacco y M. Alvarez Imaz, 2020b: Implementación del sistema de pronóstico numérico en el HPC: Configuración del ensamble. Nota Técnica SMN 2020-79.

Hunt BR, Kostelich EJ, Szunyogh I., 2007: Efficient data assimilation for spatiotemporal chaos: A local ensemble transform Kalman filter. *Physica D: Nonlinear Phenomena* 230(1-2): 112–126, doi:10.1016/j.physd.2006.11.008.

Whitaker JS, Hamill TM., 2012: Evaluating Methods to Account for System Errors in Ensemble Data Assimilation. *Monthly Weather Review* 140(9): 3078–3089, doi:10.1175/MWR-D-11-00276.1.

## 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](mailto:rdelia@smn.gov.ar)), Luciano Vidal ([lvidal@smn.gov.ar](mailto:lvidal@smn.gov.ar)) o Martin Rugna ([mrugna@smn.gov.ar](mailto: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](mailto:macevedo@smn.gov.ar)).