

Informe

Resultados del sistema de pronóstico ambiental, periodo 13 al 15 de abril de 2021

1. Introducción

El presente informe tiene como objetivo dar respuesta a la solicitud de información que realiza la SMA a través de la Res. Ex. ORC N°10/2021. En específico, la letra B, en que se solicita *“Para el periodo antes señalado [13 a 15 de abril de 2021], remitir información del sistema denominado “Pronóstico Ambiental Minera Los Pelambres” con el pronóstico de los parámetros meteorológicos (velocidad y dirección de viento, temperatura) y consecuentemente la concentración de MP10 esperada de acuerdo con el comportamiento de las variables meteorológicas antes mencionadas.”*

2. Descripción Sistema de Pronóstico

El sistema de pronóstico ambiental de Minera Los Pelambres (MLP) es un modelo preventivo de gestión operacional de calidad de aire. Este tiene por objetivo prever los niveles de MP10 asociados a la operación de la mina, con el objetivo de alertar a la operación el riesgo de concentraciones de MP10 elevadas y que permita mantener concentraciones de MP10 considerando la normativa de calidad de aire vigente. A continuación, se describe brevemente en qué consiste el sistema de pronóstico:

2.1. Estado del Arte de sistemas de predicción del tiempo

Hoy en día, existen muchas formas para llegar a un producto de pronóstico. El método que se elige depende de muchos factores: la variable a pronosticar, la resolución temporal, la escala espacial característica de un fenómeno meteorológico, entre otros. En todos los casos, el pronóstico meteorológico se basa fundamentalmente en modelos. En términos generales, se puede dividir los modelos en modelos dinámicos y modelos con una componente estadística. A continuación, se describen los modelos dinámicos globales y un modelo que incluye métodos estadísticos.

2.1.1. Modelos Globales

Los modelos dinámicos globales son códigos computacionales que resuelven las ecuaciones matemáticas que, a su vez, describen las leyes físicas del movimiento y del estado de la atmósfera. Dichas ecuaciones son resueltas numéricamente en computadores. Los modelos globales, como su nombre lo indica, comprenden un dominio de modelación que abarca todo el planeta; en la actualidad, su resolución espacial llega hasta 10 km. El horizonte temporal que se usa para pronósticos globales es de aproximadamente 10 días.

Existen procesos atmosféricos importantes que ocurren a escalas menores de la resolución horizontal de estos modelos (por ejemplo, la turbulencia o los procesos responsables que forman gotas de lluvia o cristales de nieve). Los modelos no consideran estos procesos explícitamente sino a través de parametrizaciones. Estas parametrizaciones asocian condiciones atmosféricas de mayor escala a esos procesos

de menor escala. A modo de ejemplo, si a mayor escala se indica un alto contenido de vapor de agua y una disminución de temperatura hacia el punto de rocío, la parametrización evalúa la cantidad de lluvia que se puede producir bajo estas condiciones.

La demanda computacional y humana en el manejo de los modelos globales es tan alta que sólo en algunos grandes centros operan estos pronósticos. Los dos modelos globales más reconocidos en el mundo son:

- Modelo GFS (Global Forecasting System, EE.UU., Acceso Público).
- Modelo ECMWF (European Center for Medium-Range Weather Forecasts, Europa, Acceso Restringido).

2.1.2. Model Output Statistics (MOS)

Los modelos dinámicos poseen ciertas limitaciones técnicas que hacen que el desempeño del pronóstico no sea el óptimo. Dentro de las debilidades de los modelos dinámicos se encuentran i) como cualquier modelo sólo representan una aproximación a los procesos reales de la atmósfera, ii) existen procesos a una escala tan pequeña que los modelos no los pueden considerar en forma explícita y iii) la resolución espacial es demasiado gruesa para que puedan representar de manera aproximada una topografía tan compleja como la que se presenta, por ejemplo, en MLP.

Aún con estas limitaciones, los modelos dinámicos son actualmente la mejor opción para predecir las condiciones meteorológicas de la escala sinóptica (fenómenos como la Vaguada Costera, el comportamiento del anticiclón subtropical del Pacífico Suroriental, sistemas frontales, entre otros) con un horizonte de una a dos semanas.

La técnica estadística Model Output Statistics (MOS) busca superar las limitaciones de un modelo global, a través de la combinación de mediciones locales y el pronóstico de los modelos globales, aprovechando la relación que existe entre la variabilidad atmosférica a nivel sinóptico y la del nivel local. Un MOS usa como recurso i) datos pronósticos históricos de un modelo dinámico y ii) los datos de una estación de monitoreo (meteorológica o de calidad del aire). Usando esos dos recursos, se puede establecer una relación estadística entre los pronósticos del modelo dinámico y los datos de la estación de monitoreo. Es decir, la técnica MOS establece las variables atmosféricas más relevantes del modelo dinámico (predictores) que explica el comportamiento de una o más variables meteorológicas a nivel local de la estación de monitoreo (predictantes) y construye la relación estadística entre los predictores y predictantes. En su aplicación, el modelo MOS usa los datos de los predictores del modelo dinámico como información de entrada y aplica la relación previamente establecidas para llegar a un pronóstico de los predictantes. Aunque la variable a pronosticar es generalmente meteorológica, el MOS puede ser aplicado a predicción de cualquier variable que tenga una fuerte asociación con la condición atmosférica. Por lo tanto, el MOS también se puede aplicar para el pronóstico de variables de calidad del aire como MP10.

2.1.3. Servicio de pronóstico MD-MLP

El pronóstico de Meteodata para MP10 y variables meteorológicas se basa en la aplicación de un MOS. Mientras en la sección anterior, se entregaron los conceptos generales de un MOS, en lo que sigue se presenta una breve descripción del método específico implementado para MLP.

La Tabla 1 contiene un resumen de las características del sistema MOS. Esencialmente, el pronóstico consiste en el desarrollo de ecuaciones MOS para pronosticar el valor de MP10 para cada hora en un horizonte de 0 a 168 horas (7 días). Se ajusta un modelo independiente para cada hora del pronóstico. El modelo utilizado es relativamente simple: es una regresión lineal múltiple, lo cual en la experiencia de Meteodata generalmente logra un desempeño similar o incluso mejor a modelos más no-lineales y/o más complejos.

Característica	Descripción
Estructura temporal	<ul style="list-style-type: none"> Intervalo de resultados: 1 hora Horizonte pronóstico: 0 a 168 horas Hora inicial: 00:00UTC
Predictores	<ul style="list-style-type: none"> 60 predictores atmosféricos del modelo GFS Aprox. 10 predictores retenidos para cada MOS Periodo de información: 2009 – presente
Método de regresión	<ul style="list-style-type: none"> Regresión lineal múltiple Selección automática del subconjunto de predictores Regresión independiente para cada hora en el horizonte del pronóstico
Variables pronosticadas	<ul style="list-style-type: none"> MP10 horaria Viento horario Temperatura horaria
Frecuencia actualización del ajuste	<ul style="list-style-type: none"> Diario

Tabla 1. Características del sistema MOS ocupado para el pronóstico de MP10 en área mina.

3. Pronóstico para los días 13, 14 y 15 de abril 2021

En la Figura 1, se muestran las series de tiempo pronosticadas de la velocidad del viento (primer panel), temperatura (segundo panel) y MP10 (tercer panel). Las líneas rojas indican los valores más probables pronosticados de cada variable y la sombra morada la incertidumbre asociada a esos valores. Estas series de tiempo corresponden a las salidas del sistema de pronóstico MOS. Los valores observados se indican a través de las líneas naranjas (promedios hora).

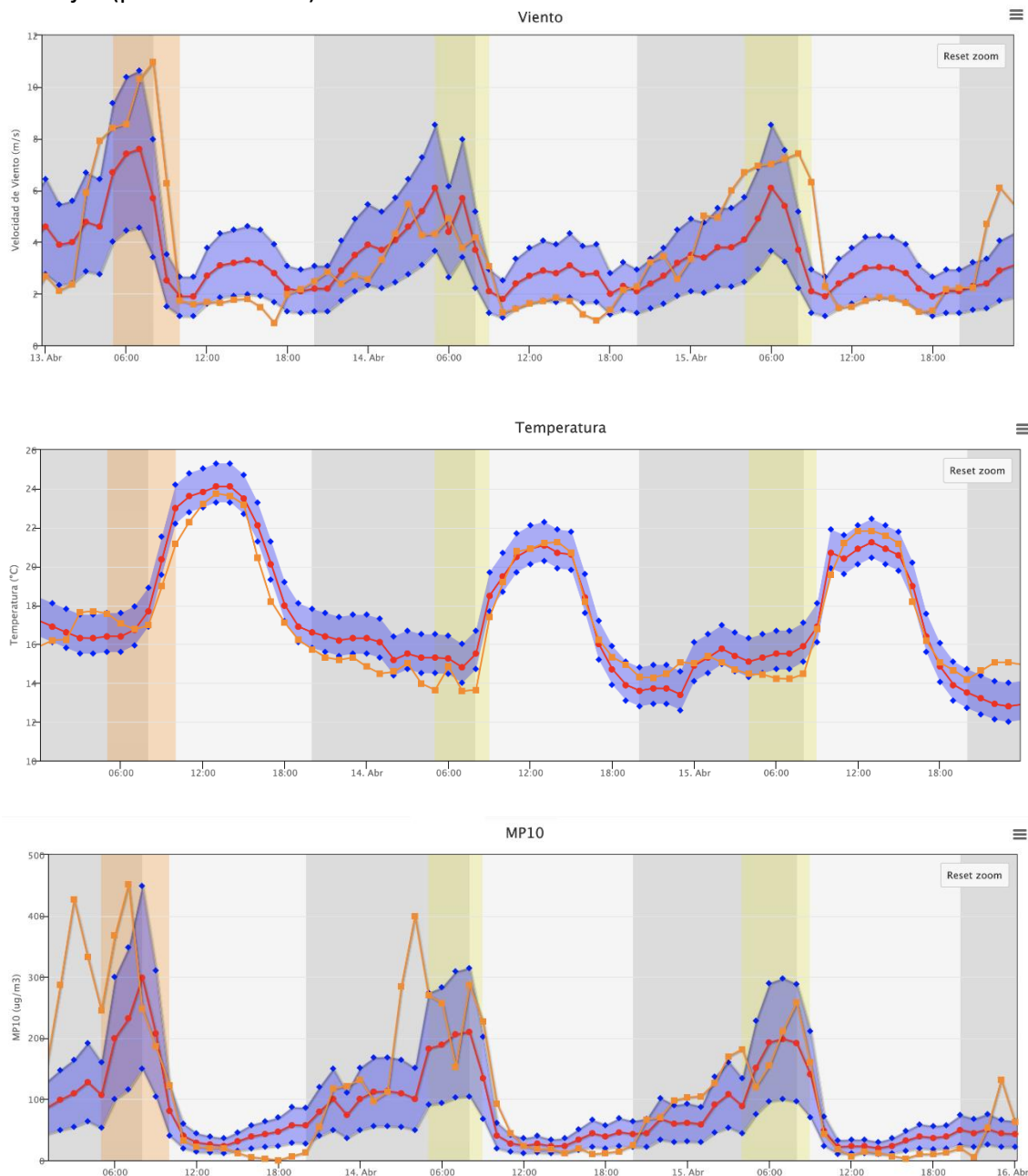


Figura 1. Series de tiempo de la velocidad del viento (primer panel), temperatura (segundo panel) y MP10 en área mina. Las líneas rojas indican los valores más probables pronosticados de cada variable y la sombra morada la incertidumbre asociada a esos valores. En el caso de la velocidad del viento y la temperatura se incluye, además, el valor observado (línea naranja).