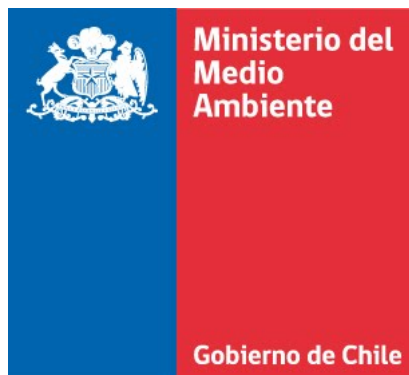


De acuerdo al:  
Contrato ID 612228-8-L116  
07 SEP 2016

---

## Informe final

“Desarrollo y puesta en marcha de un modelo de Pronóstico para Material Particulado (MP10) para la localidad de Andacollo en la región de Coquimbo”



---

Preparado por:

**meteodata**  
Especialistas en Meteorología y Calidad del Aire

07 de diciembre de 2016

## 1. Introducción

El presente documento corresponde al *Informe final* elaborado por Ingeniería y Geofísica Limitada (Meteodata), en el marco de la licitación pública (612228-8-L116) del Ministerio de Medio Ambiente - Subsecretaría del Medio Ambiente, cuyas bases administrativas, técnicas y documentos anexos fueron aprobados mediante la Resolución Excenta 167, del 04 de julio de 2016, y del contrato homónimo y de igual numeración, denominado “*Desarrollo y puesta en marcha de un modelo de Pronóstico para Material Particulado (MP10) para localidad de Andacollo en la región de Coquimbo*”, firmado entre Ingeniería y Geofísica Limitada, representada por don Rainer Schmitz y el Ministerio de Medio Ambiente - Subsecretaría del Medio Ambiente, representada por el Secretario Regional Ministerial (SEREMI) Subrogante del Medio Ambiente de la Región de Coquimbo, don Sergio Troncoso Layi, con fecha 07 de septiembre de 2016.

Según lo requerido en la Resolución excenta 167, del 04 de julio de 2016, numeral 21.2 de las Bases Administrativas, este informe incluye lo siguiente:

- La información contenida en los Informes de Implementación.
- Los resultados de todas las actividades definidas en las Bases Administrativas y Técnicas.
- Se adjunta copia digital de los informes previos y toda la información generada o recopilada en esta adquisición.

A continuación se citan los numerales 3.1, 3.2 y 3.3 de las Bases Técnicas de la Resolución excenta 167, del 04 de julio de 2016.

### **3.1 Desarrollar, en base a modelación numérica y/o técnicas estadísticas como “MOS” (Model Output Statistic), un pronóstico diario de calidad del aire para la localidad de Andacollo.**

- i) Desarrollar, a partir de herramientas de modelación numérica y/o técnicas estadísticas “MOS” (Model Output Statistic), un sistema de pronóstico de calidad del aire para MP10.
- ii) Disponer de un sistema de acceso a la información diaria del pronóstico desarrollado para uso de los profesionales de la localidad de Andacollo.

### **3.2 Operar el modelo de pronóstico de calidad del aire para MP10 por un periodo de 3 meses durante el 2016.**

- i) Operar el modelo de Pronóstico de Calidad del Aire implementado durante un periodo de 3 meses durante el 2016, con tal que se cuente diariamente con resultados de calidad del aire esperada para MP10 para al menos 3 días.
- ii) Generar reportes consolidados mensuales de los pronósticos de calidad del aire en comparación con los datos observados en las estaciones de monitoreo, y un informe final del periodo de operación.

### 3.3 Desarrollar una evaluación de desempeño del sistema de pronóstico de calidad del aire implementado y operado.

- i) A partir de los resultados de la actividad 3.1 y 3.2, elaborar un informe de análisis de desempeño del sistema de pronóstico implementado.
- ii) Elaborar propuestas de mejoras para pronósticos de calidad del aire operado.

El plazo de entrega pactado para el informe, según el numeral 21.2 de las Bases Administrativas de la Resolución excenta 167, del 04 de julio de 2016 es hasta 90 días desde iniciado el contrato, lo cual establece como fecha límite el 07 de diciembre de 2016.

Las secciones siguientes entregan el detalle de cada uno de los puntos requeridos para el presente *Informe Final*. La sección 2 entrega una descripción de las herramientas y técnicas utilizadas para el desarrollo del pronóstico. La sección 3 describe el tipo de sistema de acceso a la información, así como la información presentada en éste. La sección 4 describe la operación del sistema. La sección 5 describe los contenidos del reporte de comparación de los pronósticos y las observaciones entregados mensualmente a la SEREMI de Medio Ambiente de la Región de Coquimbo y el respectivo informe final consolidado de los resultados para todo el periodo de operación. La sección 6 entrega un análisis del desempeño del pronóstico implementado y operado entre septiembre y diciembre de 2016. Finalmente, la sección 7 entrega propuestas para mejorar los pronósticos de calidad del aire a partir de los resultados del análisis de desempeño entregado en la sección anterior. En los Anexos (sección 8) se presenta una copia de los reportes mensuales entregados a la fecha y del reporte final entregado junto con el presente infome, descritos en la sección 5.

## 2. Desarrollo de pronóstico

Ingeniería y Geofísica Limitada ha desarrollado un pronóstico de calidad del aire para MP10 para la localidad de Andacollo en la región de Coquimbo. Este pronóstico corresponde a la implementación de un MOS ("Model Output Statistics"), el cual corresponde a la aplicación de técnicas estadísticas para mejorar un pronóstico numérico determinístico; a continuación se explica con mayor detalle en qué consiste este método.

Dentro de las distintos métodos de pronóstico, los más simples (basados principalmente en la estadística) poseen un alcance temporal limitado; por sobre 6-12 horas la variabilidad espacial de la atmósfera empieza a jugar un rol importante, lo que obliga el uso de modelos dinámicos en el sistema de pronóstico. Los modelos más usados son los "modelos globales", los cuales dividen su dominio computacional en una grilla 3-D que cubre toda la superficie de la Tierra (hasta 30km en la vertical) con resoluciones espaciales típicas de 25km en la horizontal y 50m en la vertical cerca de la superficie. El sistema de asimilación de datos y modelo dinámico global de mayor renombre es el modelo GFS ("Global Forecast System") de Estados Unidos. Este modelo cuenta, para su inicialización, con datos provenientes de todas las estaciones meteorológicas del planeta,

radiosondeos y datos satelitales, y es ampliamente utilizado debido a que sus datos se encuentran libremente disponibles.

Los modelos globales presentan errores inevitables (como sesgos u otros errores sistemáticos) debido a la falta de datos para definir una condición inicial exacta, en cambio, los procesos físicos son representados a través de aproximaciones; además, sus resoluciones espaciales no son capaces de representar perfectamente rasgos topográficos de escala local. Para mejorar la calidad de estos modelos globales, en el contexto de la gestación de un pronóstico del tiempo atmosférico y/o calidad del aire operacional (como es el caso de interés), es posible (y se hace de manera común) establecer relaciones empíricas entre las variables observadas y el pronóstico numérico. La mejora se obtiene debido a que sólo las observaciones pueden dar a conocer la variabilidad inter e intradiaria de una variable que está dada por fenómenos locales determinados por la topografía y el tipo de suelo, luego, un modelo numérico global por si solo es insuficiente al momento de reproducir estos fenómenos y se requiere la utilización de un pronóstico más detallado. Cuando se cuenta con una larga serie de tiempo de datos observados, es posible “entrenar” un modelo estadístico con el fin de detectar conexiones entre las observaciones locales y los fenómenos de escala sinóptica (representadas por el modelo global), así como las correlaciones pasadas y con ello predecir su comportamiento futuro.

Como ya se ha mencionado, esta técnica se conoce como MOS. Un MOS busca relaciones empíricas entre un conjunto de predictores y la variable que se desea pronosticar (el predictando, que en este caso es el material particulado MP10), para una cierta hora en el futuro ( $t_0 + h$ ). Los MOS más tradicionales se basan en la técnica de regresión lineal múltiple paso a paso, con ellas las relaciones entre los predictores disponibles en el tiempo  $t_0$  y el predictando en el tiempo  $t_0 + h$  se representan a través de una ecuación lineal. La técnica de regresión lineal múltiple tiene la ventaja de ser eficiente y fácil de entender; no obstante, tiene la desventaja de ser capaz de encontrar sólo las relaciones empíricas lineales, por lo cual, en los casos necesarios, ésta es reemplazada por métodos estadísticos computacionales más sofisticados y generales.

Un factor a tener en cuenta en cualquier sistema de pronóstico es que existe incertidumbre asociada a los datos utilizados, lo que deriva en errores en los pronósticos que son mayores para las variables de contaminación atmosférica que para las meteorológicas; los errores pueden deberse a distintos factores como aproximaciones de los modelos usados, errores en las mediciones y falta de representatividad de la medición. Luego, es necesario que los pronósticos reflejen el grado de incertidumbre al que están asociados. Para cumplir este objetivo se ha implementado un proceso de pronóstico probabilístico a partir de los pronósticos MOS. Este proceso entrega una probabilidad de ocurrencia de eventos para cada una de las categorías de la norma primaria de calidad del aire para MP10 (BUENO/REGULAR, ALERTA, PREEMERGENCIA y EMERGENCIA) dado un cierto pronóstico determinístico MOS. A continuación una breve descripción del proceso.

- Se genera un pronóstico MOS determinístico para la variable de interés.

- Se calculan los promedios diarios (no móviles) de los pronósticos determinísticos.
- Se aplica una función de transferencia empírica (calculada con todos los datos disponibles) para ajustar el rango de los datos de pronóstico a las observaciones asegurando que los resultados del pronóstico entreguen valores en todo el rango de las observaciones (de este proceso deriva un pronóstico MOS determinístico diario ajustado).
- Se ajusta una distribución de probabilidad a los resultados del pronóstico respecto de las observaciones en distintos intervalos.
- Se obtiene una distribución de probabilidad de la ocurrencia de eventos de acuerdo a los distintos niveles establecidos en las normas primarias de calidad del aire.

En el marco de esta licitación pública, Ingeniería y Geofísica Limitada ha implementado de manera operacional el entrenamiento diario de un pronóstico MOS a partir de las observaciones actualizadas de la estación Andacollo, de la red de monitoreo meteorológica y de calidad del aire del Ministerio de Medio Ambiente (disponibles en línea a través del sistema AirViro), y de los datos del modelo GFS. Ambos conjuntos de datos se actualizan de manera constante (varias veces al día) en los servidores de la empresa, con el fin de obtener un pronóstico que incluya las últimas variaciones en el comportamiento de la variable a pronosticar. Con lo anterior se obtiene de manera diaria un pronóstico a 3 días que, además, incluye la variable meteorológica Temperatura, la cual se relaciona estrechamente con el comportamiento de los contaminantes MP10 y MP2.5. Además, se implementó de manera operacional el cálculo del pronóstico MOS ajustado y la probabilidad de ocurrencia de eventos para las distintas categorías establecidas en la legislación vigente (proceso descrito arriba). Los resultados del pronóstico se actualizan y se publican de manera diaria a través de una página web especialmente diseñada e implementada para dicho propósito. La sección siguiente entrega detalles de la página web como sistema de acceso a la información según lo requerido en las bases técnicas de la licitación.

### 3. Sistema de acceso a la información

Los pronósticos emitidos se encuentran diariamente disponibles en el sitio web [http://190.98.198.59/andacollo\\_forecast/](http://190.98.198.59/andacollo_forecast/), para dar cumplimiento con lo solicitado en las bases técnicas de la licitación pública respecto de proporcionar acceso a la información diaria del pronóstico para el uso de los profesionales de la SEREMI de Medio Ambiente de la Región de Coquimbo. En el sitio, es posible encontrar dos paneles; el panel superior muestra el pronóstico determinístico ajustado y probabilístico para MP10; el panel inferior muestra el desempeño histórico del pronóstico a nivel horario y/o diario.

La figura 1 muestra un ejemplo de los paneles disponibles en el sitio web del pronóstico de Material Particulado MP10 para Andacollo. En el panel superior se presenta la fecha y hora de emisión del pronóstico, junto con los pronósticos de MP10 para los siguientes 3 días, en forma de tabla;

la primera columna muestra la fecha de pronóstico; la segunda columna presenta el pronóstico determinístico ajustado (descrito en la sección anterior) en  $\mu g/m^3$ ; las columnas tercera a sexta muestran el porcentaje de probabilidad de que, a partir del pronóstico MOS ajustado, el valor real se encuentre en las categorías de "Bueno/Regular", "Alerta", "Preemergencia" o "Emergencia", respectivamente (se destaca con color la máxima probabilidad). El panel inferior muestra las series de tiempo de las observaciones y pronósticos de MP10 (arriba) y temperatura (abajo) para una ventana de tiempo determinada a nivel horario o diario; con la opción *Zoom* de la esquina superior izquierda es posible elegir entre desplegar los datos de la última semana (*1s*) a nivel horario, el último mes (*1M*) a nivel horario, o la serie de tiempo completa (*todos*) a nivel diario; con las opciones *From - To* de la esquina superior derecha es posible escoger una ventana de tiempo específica a partir de una fecha en formato *Mes DD, AAAA*; en la parte inferior del panel (sobre la leyenda) es posible encontrar una barra que muestra la serie de MP10 completa a nivel diario (a modo de ejemplo), la cual permite seleccionar un intervalo de tiempo arrastrando los bordes de la ventana azul provista para dicho fin. Finalmente, cabe mencionar que pasando el cursor por sobre las series de tiempo, es posible visualizar los valores de las observaciones y los pronósticos MOS brutos.

#### 4. Operación del sistema de pronóstico

Como se mencionó en la sección 2, diariamente (los 7 días de la semana) durante la mañana, automáticamente, tanto las observaciones como los pronósticos del modelo global GFS se actualizan en los servidores de Ingeniería y Geofísica Limitada; posteriormente se entrena un MOS con todos los datos históricos disponibles hasta la fecha, para finalmente emitir un pronóstico basado en la ecuación lineal obtenida del proceso de entrenamiento, que relaciona los predictores (pronósticos GFS para el tiempo futuro) y la variable de interés. También, automáticamente, los pronósticos son reprocesados para obtener el pronóstico probabilístico descrito anteriormente y éstos son desplegado en el sitio web del pronóstico. Cabe destacar que a pesar de que el proceso en sí no requiere de la intervención humana, los profesionales de Ingeniería y Geofísica Limitada se encuentran atentos a proporcionar las condiciones necesarias para el correcto funcionamiento del sistema (suministro de energía y conexión web disponible a toda hora y todos los días de la semana), así como de cualquier posible fallo de éste, además de realizar un trabajo constante en la mejora del funcionamiento del sistema.

#### 5. Reportes mensuales/final de la comparación entre los pronósticos y las observaciones

Según lo requerido en las bases técnicas de la licitación pública, a finales de cada mes se genera y se entrega vía correo electrónico a la SEREMI de Medio Ambiente de la Región de Andacollo, un reporte de una comparación cuantitativa y visual entre los pronósticos emitidos y las observaciones a 1 día para material particulado MP10. Copias de cada uno de éstos reportes, junto con un reporte equivalente para todo el periodo de operación (07 de septiembre a 07 de diciembre de

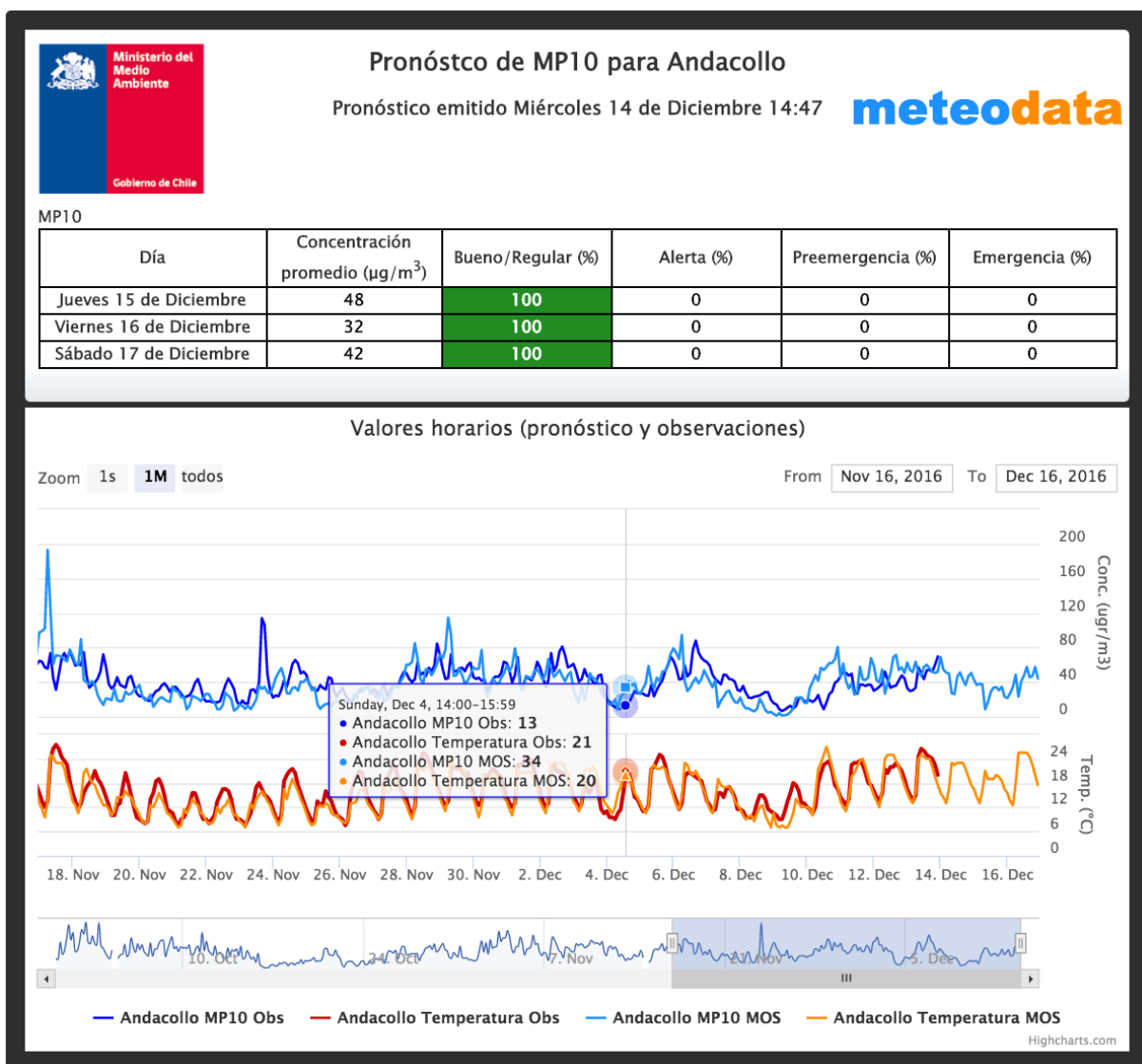


Figura 1: Ejemplo de paneles visibles dentro de la página web del pronóstico de MP10 para la localidad de Andacollo en la región de Coquimbo.

2016), se adjuntan al presente informe (cabe mencionar que el periodo de operación del sistema de pronóstico se inicio efectivamente el 29 de septiembre de 2016, mientras que durante el periodo previo se realizó el desarrollo e implementación del mismo). Esta comparación se realiza a nivel diario para material particulado; para lo cual se realizan promedios diarios (no móviles) de los pronósticos emitidos y las observaciones registradas a nivel horario. En secciones separadas para cada una de las variables pronosticadas (Temperatura y Material Particulado MP10) se entrega lo siguiente:

- Diagrama de dispersión a nivel horario entre las observaciones y los pronósticos (sólo para Temperatura).
- Una tabla de estadística que incluye el promedio, la desviación estándar, el máximo y el mínimo, para los datos horarios, tanto de las observaciones como de los pronósticos, además de la desviación estándar del error entre las observaciones y el pronóstico, el sesgo,

el coeficiente de correlación y la pendiente entre ambas series de datos horarios (sólo para Temperatura).

- Las series de tiempo horarias de las observaciones y los pronósticos.
- Diagrama de dispersión a nivel diario (promedios diarios) entre las observaciones y los pronósticos (sólo para Material Particulado).
- Una tabla de estadística que incluye el promedio, la desviación estándar, el máximo y el mínimo, para los promedios diarios, tanto de las observaciones como de los pronósticos, además de la desviación estándar del error entre los promedios diarios de las observaciones y los promedios diarios del pronóstico, el sesgo, el coeficiente de correlación y la pendiente entre ambas series de promedios diarios (sólo para Material Particulado).
- Las series de tiempo diarias (promedios diarios) de las observaciones y los pronósticos (sólo para Material Particulado).
- Diagrama de dispersión a nivel diario (máximos diarios) entre las observaciones y los pronósticos (sólo para Temperatura).
- Una tabla de estadística que incluye el promedio, la desviación estándar, el máximo y el mínimo, para los máximos diarios, tanto de las observaciones como de los pronósticos, además de la desviación estándar del error entre los máximos diarios de las observaciones y los máximos diarios del pronóstico, el sesgo, el coeficiente de correlación y la pendiente entre ambas series de promedios diarios (sólo para Temperatura).
- Series de tiempo de los máximos diarios de las observaciones y los pronósticos (sólo para Temperatura).
- Diagrama de dispersión a nivel diario (mínimos diarios) entre las observaciones y los pronósticos (sólo para Temperatura).
- Una tabla de estadística que incluye el promedio, la desviación estándar, el máximo y el mínimo, para los mínimos diarios, tanto de las observaciones como de los pronósticos, además de la desviación estándar del error entre los mínimos diarios de las observaciones y los mínimos diarios del pronóstico, el sesgo, el coeficiente de correlación y la pendiente entre ambas series de promedios diarios (sólo para Temperatura).
- Series de tiempo de los mínimos diarios de las observaciones y los pronósticos (sólo para Temperatura).
- Tabla de contingencia según la norma primaria de calidad del aire para MP10 (*Decreto N°59, de 1998*). Ésta nos entrega el porcentaje de pronósticos acertados, así como la cantidad de falsas alarmas y eventos no pronosticados.

En el Anexo (sección 8) se entrega una copia de los reportes mensuales de octubre y noviembre de 2016 y del reporte final consolidado entre el 07 de septiembre y el 07 de diciembre de 2016 (29 de



septiembre y 07 de diciembre de 2016 efectivamente). Cabe mencionar que no existe manipulación de los datos (resultados del pronóstico MOS y observaciones) para la generación de las tablas y figuras incluidas en el reporte, de modo que lo presentado en el reporte es un reflejo fiel del desempeño del pronóstico MOS bruto (sin ajuste con función de transferencia empírica) a 1 día para Material Particulado MP10 y Temperatura.

## 6. Análisis de desempeño del pronóstico

La presente sección presenta un resumen del desempeño del pronóstico emitido para Andacollo durante el periodo de operación, es decir, entre septiembre y diciembre de 2016. El análisis se realiza principalmente de modo cuantitativo a través de tablas de estadística comparativas entre el pronóstico y las observaciones y tablas de estadísticos de verificación del desempeño del pronóstico, que resumen las principales similitudes y diferencias entre las observaciones y los pronósticos; y una componente cualitativa a través de la presentación de diagramas de dispersión, los cuales muestran visualmente las características del pronóstico determinístico. Cabe mencionar que durante el periodo de operación no se registraron ALERTAS, PREEMERGENCIAS ni EMERGENCIAS, y que todos los pronósticos acertaron en el rango de BUENO/REGULAR, de modo que se descarta la presentación de otros elementos como tablas de contingencia o tablas de porcentajes promedio. Los resultados se corresponden con los pronósticos emitidos a través de la página web descrita en la sección 3, es decir, los pronósticos obtenidos de la aplicación de la función de transferencia empírica mencionada en la sección 2 sobre los pronósticos MOS originales.

En las subsecciones siguientes se puede encontrar cada uno de los elementos antes mencionados para los pronósticos a 1 día, 2 días y 3 días de anticipación, respectivamente. A continuación, el detalle del análisis de desempeño del pronóstico a partir de cada elemento comparativo.

- **Coefficiente de correlación:** en primer lugar se muestra una tabla con el coeficiente de correlación de Pearson entre las series de tiempo de promedios diarios del pronóstico MOS de MP10 y los respectivos promedios diarios observados. El coeficiente de correlación, es una medida de la relación lineal entre dos series de tiempo; su valor varía entre 0 y 1, donde 1 representa una relación perfecta, es decir, cuando una serie aumenta su valor, la otra también lo hace, y vice-versa. De la tabla se puede ver que en, todos los casos, la correlación se encuentra entre 0,55 y 0,60, lo cual es razonable para un pronóstico de calidad del aire.
- **Tabla de estadística:** luego, se puede encontrar una tabla que resume los principales estadísticos de los conjuntos de datos de pronóstico y de observaciones, para todo el periodo de operación (29 de septiembre a 07 de diciembre de 2016), incluyendo el promedio (media aritmética, calculada como la suma de todos los elementos de un conjunto, dividida por el total de elementos de éste), la desviación estándar (que da cuenta de la dispersión de un conjunto de datos, calculada como la raíz cuadrada de la varianza; siendo la varianza la suma de las diferencias cuadráticas de cada elemento del conjunto respecto de la media aritmética, divi-

dida por el total de elementos de éste), el valor mínimo y el valor máximo, tanto para la serie de tiempo completa, como separada por los rangos de ocurrencia de eventos especificados en la normativa vigente (MP10; Bueno/Regular  $< 195 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Alerta  $\geq 195, < 240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Preemergencia  $\geq 240, < 330 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Emergencia  $\geq 330 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . MP2.5; Bueno/Regular  $< 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Alerta  $\geq 80, < 110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Preemergencia  $\geq 110, < 170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Emergencia  $\geq 170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Para el cálculo de los estadísticos correspondientes a los pronósticos, se ha considerado el conjunto de pronósticos determinado por la ocurrencia de eventos según las observaciones; por ejemplo, para el cálculo de los estadísticos en la categoría BUENO/REGULAR, se han considerado los pronósticos emitidos cuando las observaciones se encontraron en dicha categoría, de modo que los pronósticos no necesariamente se encuentran en el rango  $< 195 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; lo anterior es así para mostrar la dispersión de los pronósticos en cada categoría. De las tablas se observa que, en general, los valores del pronóstico son más altos, con una media superior, un rango más amplio y con mayor dispersión, aún así los pronósticos apuntaron al rango de BUENO/REGULAR en el que se encontraron las observaciones.

- **Tabla de estadísticos de verificación:** a continuación de las tablas de estadísticas se encuentran tablas de estadísticos de verificación del pronóstico, que incluyen el RMSE (por su nombre en inglés *Root Mean Square Error* o Raíz cuadrada del Error Cuadrático Medio), calculado como la raíz cuadrada de la suma de las diferencias cuadráticas entre las observaciones y el pronóstico, dividida por el total de diferencias; el MAE (por su nombre en inglés *Mean Absolute Error* o Error Absoluto Medio), calculado como la suma de las diferencias absolutas entre las observaciones y el pronóstico, dividida por el total de diferencias; y el BIAS (*Mean Error* o Error Medio), calculado como la suma de las diferencias entre las observaciones y el pronóstico, dividida por el total de diferencias. Cada uno de los estadísticos anteriores da cuenta del desempeño del pronóstico. El MAE nos entrega una medida de la *precisión* del pronóstico, así como el RMSE, sin embargo, éste último al ser cuadrático es más sensible a grandes errores y a los valores extremos; el BIAS por su parte, al ser el error medio da cuenta del sesgo entre el pronóstico y las observaciones, es decir un BIAS positivo indica una subestimación de las observaciones, mientras que uno negativo indica una sobrestimación. El pronóstico MOS ha sido desarrollado de modo tal que no exista sesgo entre las observaciones y el pronóstico, sin embargo, la utilización de una función de transferencia para ajustar los rangos del pronóstico a las observaciones introduce un pequeño sesgo. Éste, en general, no es constante a largo de la distribución y su corrección podría aumentar el sesgo en otras categorías, de modo que es materia de evaluación la conveniencia en su corrección para la mejora del pronóstico. De las tablas se observa una tendencia a la sobrestimación del pronóstico respecto a las observaciones que llega a valores cercanos al 37% del valor medio de las observaciones.
- **Diagrama de dispersión:** los diagramas de dispersión presentados a continuación, muestran de manera gráfica los aspectos resumidos en las tablas precedentes.

En general, los resultados a 1, 2 y 3 días difieren poco, lo cual es una característica positiva del

pronóstico, dando cuenta de su estabilidad en el tiempo.

En conclusión, existe una buena correlación entre el pronóstico y las observaciones, sin embargo existe una tendencia a la sobrestimación, por lo menos en el rango de BUENO/REGULAR. Sin embargo, los resultados no llegan a ser significativos al no presentarse situaciones de ALERTA, PREEMERGENCIA ni EMERGENCIA durante el periodo de operación. Sólo es posible concluir que durante el periodo de operación el pronóstico fue certero en el pronóstico de la categoría observada y en la no generación de falsas alarmas.

## 6.1. Pronóstico a 1 día

### Coefficiente de Correlación a 1 día Pronóstico MOS versus Observaciones

	MP10
Coefficiente de correlación	0.60

**Tabla 1:** Coeficiente de Correlación de Pearson, entre los Pronósticos MOS emitidos a 1 día y las Observaciones de Material Particulado MP10 para la localidad de Andacollo en la región de Coquimbo.

### Tabla de Estadística de MP10 a 1 día

#### Pronóstico MOS y Observaciones

	Completa		Bueno/Regular		Alerta		Preemergencia		Emergencia	
	Obs.	MOS	Obs.	MOS	Obs.	MOS	Obs.	MOS	Obs.	MOS
Media	40	45	40	45	-	-	-	-	-	-
Desviación Estándar	15	21	15	21	-	-	-	-	-	-
Mínimo	6	9	6	9	-	-	-	-	-	-
Máximo	68	87	68	87	-	-	-	-	-	-

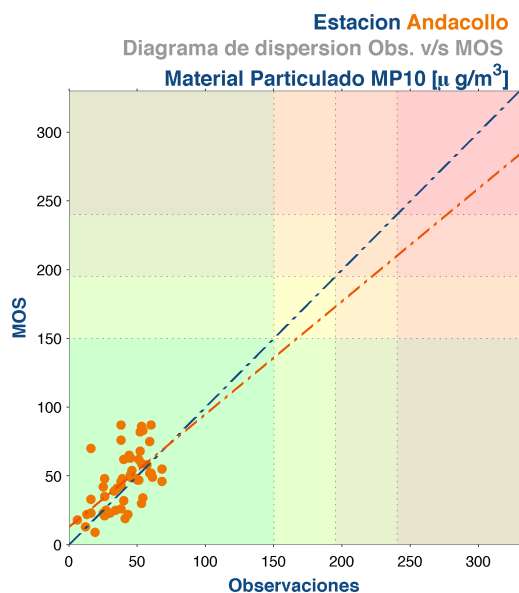
**Tabla 2:** Tabla de Estadística a 1 día del Pronóstico MOS y de las Observaciones de Material Particulado MP10 para la localidad de Andacollo en la región de Coquimbo.

### Tabla de Estadísticos de Verificación de MP10 a 1 día

#### Pronóstico MOS versus Observaciones

	Completa	Bueno/Regular	Alerta	Preemergencia	Emergencia
RMSE	17.82	17.82	-	-	-
MAE	13.66	13.66	-	-	-
BIAS	-5.84	-5.84	-	-	-

**Tabla 3:** Tabla de Estadísticos de Verificación de Pronóstico para Material Particulado MP10 a 1 día para la localidad de Andacollo en la región de Coquimbo. El RMSE corresponde al *Root Mean Square Error*, es decir la raíz cuadrada del *Error Cuadrático Medio*; el MAE corresponde al *Mean Absolute Error*, es decir el *Error Absoluto Medio*; y el BIAS corresponde al *Mean Error*, es decir el *Error Medio*, que representa el sesgo entre el Pronóstico MOS y las Observaciones. Todos poseen unidades de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Figura 2:** Diagrama de dispersión del Pronóstico MOS (promedios diarios) a 1 día versus las Observaciones para Material Particulado MP10 para la localidad de Andacollo en la región de Coquimbo.

## 6.2. Pronóstico a 2 días

### Coeficiente de Correlación a 2 días Pronóstico MOS versus Observaciones

	<b>MP10</b>
<b>Coeficiente de correlación</b>	<b>0.57</b>

**Tabla 4:** Coeficiente de Correlación de Pearson, entre los Pronósticos MOS emitidos a 2 días y las Observaciones de Material Particulado MP10 para la localidad de Andacollo en la región de Coquimbo.

**Tabla de Estadística de MP10 a 2 días**  
Pronóstico MOS y Observaciones

	Completa		Bueno/Regular		Alerta		Preemergencia		Emergencia	
	Obs.	MOS	Obs.	MOS	Obs.	MOS	Obs.	MOS	Obs.	MOS
Media	40	46	40	46	-	-	-	-	-	-
Desviación Estándar	16	22	16	22	-	-	-	-	-	-
Mínimo	6	10	6	10	-	-	-	-	-	-
Máximo	82	93	82	93	-	-	-	-	-	-

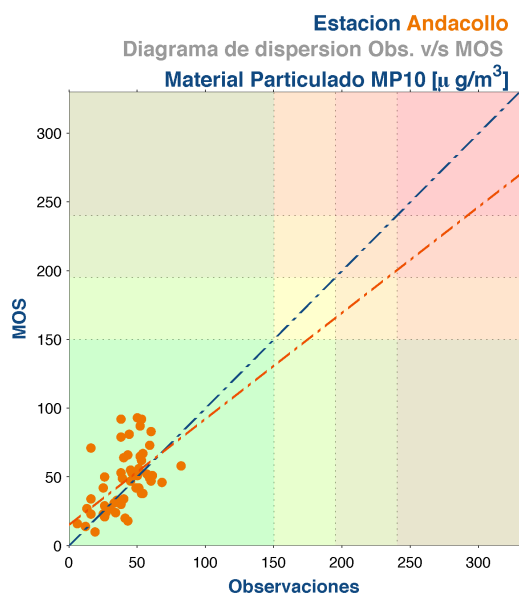
**Tabla 5:** Tabla de Estadística a 2 días del Pronóstico MOS y de las Observaciones de Material Particulado MP10 para la localidad de Andacollo en la región de Coquimbo.

Tabla de Estadísticos de Verificación de MP10 a 2 días

Pronóstico MOS versus Observaciones

	Completa	Buena/Regular	Alerta	Preemergencia	Emergencia
RMSE	19.72	19.72	-	-	-
MAE	14.64	14.64	-	-	-
BIAS	-6.09	-6.09	-	-	-

**Tabla 6:** Tabla de Estadísticos de Verificación de Pronóstico para Material Particulado MP10 a 2 días para la localidad de Andacollo en la región de Coquimbo. El RMSE corresponde al *Root Mean Square Error*, es decir la raíz cuadrada del *Error Cuadrático Medio*; el MAE corresponde al *Mean Absolute Error*, es decir el *Error Absoluto Medio*; y el BIAS corresponde al *Mean Error*, es decir el *Error Medio*, que representa el sesgo entre el Pronóstico MOS y las Observaciones. Todos poseen unidades de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Figura 3:** Diagrama de dispersión del Pronóstico MOS (promedios diarios) a 2 días versus las Observaciones para Material Particulado MP10 para la localidad de Andacollo en la región de Coquimbo.

### 6.3. Pronóstico a 3 días

Coeficiente de Correlación a 3 días

Pronóstico MOS versus Observaciones

	MP10
Coeficiente de correlación	0.55

**Tabla 7:** Coeficiente de Correlación de Pearson, entre los Pronósticos MOS emitidos a 3 días y las Observaciones de Material Particulado MP10 para la localidad de Andacollo en la región de Coquimbo.

Tabla de Estadística de MP10 a 3 días

Pronóstico MOS y Observaciones

	Completa		Bueno/Regular		Alerta		Preemergencia		Emergencia	
	Obs.	MOS	Obs.	MOS	Obs.	MOS	Obs.	MOS	Obs.	MOS
Media	40	45	40	45	-	-	-	-	-	-
Desviación Estándar	15	22	15	22	-	-	-	-	-	-
Mínimo	6	9	6	9	-	-	-	-	-	-
Máximo	68	93	68	93	-	-	-	-	-	-

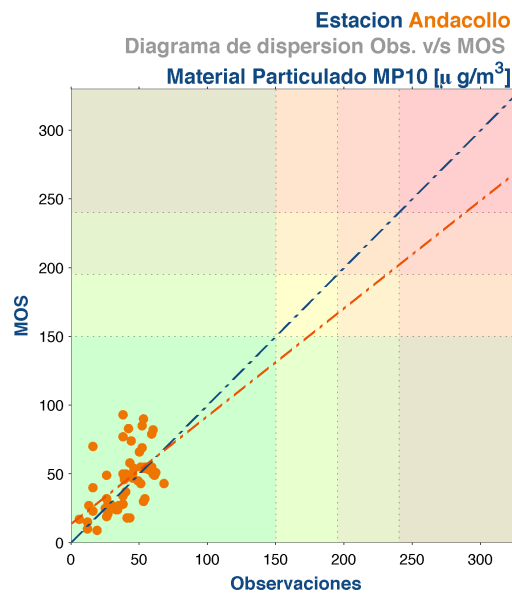
**Tabla 8:** Tabla de Estadística a 3 días del Pronóstico MOS y de las Observaciones de Material Particulado MP10 para la localidad de Andacollo en la región de Coquimbo.

Tabla de Estadísticos de Verificación de MP10 a 3 días

Pronóstico MOS versus Observaciones

	Completa	Bueno/Regular	Alerta	Preemergencia	Emergencia
RMSE	19.20	19.20	-	-	-
MAE	14.78	14.78	-	-	-
BIAS	-6.74	-6.74	-	-	-

**Tabla 9:** Tabla de Estadísticos de Verificación de Pronóstico para Material Particulado MP10 a 3 días para la localidad de Andacollo en la región de Coquimbo. El RMSE corresponde al *Root Mean Square Error*, es decir la raíz cuadrada del *Error Cuadrático Medio*; el MAE corresponde al *Mean Absolute Error*, es decir el *Error Absoluto Medio*; y el BIAS corresponde al *Mean Error*, es decir el *Error Medio*, que representa el sesgo entre el Pronóstico MOS y las Observaciones. Todos poseen unidades de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Figura 4:** Diagrama de dispersión del Pronóstico MOS (promedios diarios) a 3 días versus las Observaciones para Material Particulado MP10 para la localidad de Andacollo en la región de Coquimbo.

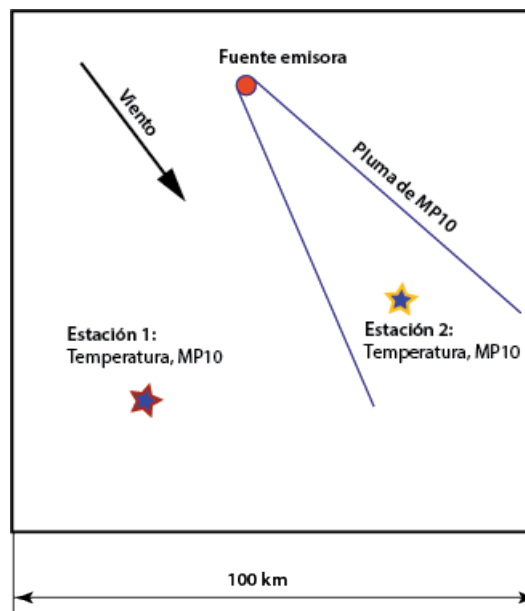
## 7. Propuesta de mejora para el pronóstico

Como se mencionó en la sección anterior, existen algunas mejoras que se podrían estudiar y eventualmente introducir en el post proceso del pronóstico MOS, como la eliminación del sesgo de los resultados de la función de transferencia, además de evaluar un mejor ajuste de distribución de

probabilidad para la determinación de los porcentajes de probabilidad asignados a cada categoría. Sin perjuicio de lo anterior, existen algunos aspectos más generales que influyen en la calidad del pronóstico y sobre los cuales podrían introducirse mejoras; éstos se detallan a continuación.

Cualquier pronóstico está asociado a errores, con errores menores para los pronósticos meteorológicos y mayores para la contaminación atmosférica. En ambos casos, las fuentes principales de esos errores son: a) aproximaciones de los modelos usados, b) errores en las mediciones y c) representatividad de la medición. En lo que sigue, se ahonda en cada una de ellas.

- Todos los modelos de pronóstico representan una aproximación matemática sobre fenómenos atmosféricos. Estas aproximaciones matemáticas pueden ser de tipo estadística o de tipo numérico describiendo procesos atmosféricos. En ambos casos, las simplificaciones que se hacen en esas aproximaciones (linealización de fenómenos no-lineales, discretización de espacio y tiempo, parametrizaciones de procesos de pequeña escala, entre otras) resultan en los errores asociados a los modelos.
- Con respecto a los errores de las mediciones, se relacionan a la precisión del sensor y mantenimiento. En el caso de una estación bien mantenida, esos errores deberían ser bastante bajos y los que menos contribuyen a la incertidumbre. En una estación mal mantenida, los errores asociados pueden llegar a ser los más relevantes.



**Figura 5:** Red de monitoreo en una planicie hipotética de extensión de 100 km. La red consiste en dos estaciones de monitoreo (estrellas) que miden temperatura y MP10. Dentro de la planicie se encuentra una fuente (punto) que emite MP10 y la pluma se dirige según la dirección de viento.

- La representatividad de las mediciones tiene un rol mayor en los pronósticos de contaminación y menor en los pronósticos meteorológicos. Para ilustrar este rol y a modo de ejemplo,

se puede imaginar una planicie según figura 5; esa planicie hipotética tiene una extensión de 100 km que representa la escala típica del fenómeno de contaminación urbana en Chile. La red consiste en dos estaciones de monitoreo (estrellas) que miden temperatura y MP10. Dentro de la planicie se encuentra una fuente (punto) que emite MP10 y la pluma se dirige según la dirección de viento. Además, se supone que la superficie dentro de esa planicie es uniforme. A través de este ejemplo, se puede ver ahora que la representatividad de las mediciones depende mucho de la variable medida. En el caso de la temperatura, se puede suponer que las temperaturas medidas en las estaciones 1 y 2 sean iguales ( $T_1 = T_2$ ) y, además, que sean representativas para toda la planicie. También, la variabilidad a todas escalas (diaria, sinóptica y estacional) deberían ser iguales, o sea que el coeficiente de correlación entre las series de tiempo de ambas temperaturas sea 1 (correlación perfecta). La temperatura ha sido usado sólo a modo de ejemplo y, de hecho, el comportamiento de otras variables meteorológicas debería ser equivalente. Con respecto a las estaciones de MP10, es evidente que las concentraciones medidas en las estaciones 1 y 2 no son iguales ya que la estación 1 se queda afuera de la pluma y la estación 2 adentro, por lo que  $Conc_1^{MP10} \neq Conc_2^{MP10}$ . En términos de la variabilidad temporal de las concentraciones en ambas estaciones, ella sólo depende de factores meteorológicas. En consecuencia y suponiendo una dirección de viento constante, también en este caso se debe suponer que el coeficiente de correlación entre las series de tiempo de ambas estaciones sea 1. Al contrario del ejemplo de la planicie hipotética, en un caso real no existe una sola fuente sino miles lo que hace que dentro de una misma ciudad las concentraciones sean similares al nivel promedio. En términos del coeficiente de correlación entre dos estaciones reales de MP10, se observan valores mucho menores que del valor 1 que se habría esperado para el caso hipotético. Es decir, la variabilidad en concentraciones de MP10 en una estación sólo explica la variabilidad en otra hasta un cierto nivel. En consecuencia y dado que una estación es meteorológicamente hablando similar a la otra, existen otros factores que no son meteorológicos que impactan a la variabilidad de la contaminación. Estos otros factores pueden ser fuentes locales (y probablemente temporales) que causen estas diferencias. Y es justamente por esta causa que una estación de calidad del aire en general tiene una mucho menor representatividad espacial que una estación meteorológica. Además y dado que todas las emisiones a las que están sujetas las estaciones de calidad del aire tienen un comportamiento con un cierto grado aleatorio, este grado aleatorio no se puede pronosticar.

Bajo las consideraciones de las posibles fuentes de error de un pronóstico, se puede notar que la más difícil de superar con los recursos disponibles, son las aproximaciones introducidas por los modelos, ya que dependen, entre otras cosas, del desarrollo tecnológico. Luego, es pertinente reconocer esta limitación y asumir que los pronósticos, por su naturaleza, poseen un límite de acertitud inferior al 100%. Respecto de los errores en la medición, es necesario recordar que el pronóstico MOS utiliza variables de un modelo global como predictores para la variable de interés, a través de un proceso estadístico, luego, la calidad de los datos observacionales es de suma importancia para el buen desempeño de un pronóstico, de modo que se recomienda asegu-



rarla a través de mantenciones periódicas de las estaciones, sin embargo, es necesario notar que para que esta medida sea efectiva debe mantenerse en el tiempo, dando al modelo una cantidad suficiente de observaciones de buena calidad a las cuales ajustarse estadísticamente. Finalmente, respecto de la representatividad espacial de las estaciones, es importante hacer incapié en que las diferencias entre registros de distintas estaciones en una misma ciudad dan cuenta de que existen fuentes locales (y posiblemente temporales) que afectan a las observaciones, así como las componentes aleatorias; luego, por las pequeñas escalas de éstas, no es posible pronosticarlas y nuevamente es necesario reconocer esta limitación, asumiendo que inevitablemente habrán errores en los pronósticos introducidos por esta causa. Finalmente, en el caso de la localidad de Andacollo, la ocurrencia de episodios de mala calidad del aire son determinados mediante las observaciones de una estación principalmente (Ansacollo), sin embargo, según lo visto con anterioridad, puede darse el caso en que otros sectores de la localidad presenten comportamientos distintos, luego, para un mejor diagnóstico de la situación, se hace necesaria la ampliación de los sectores de monitoreo. Una mejora en el diagnóstico de la calidad del aire de la ciudad en busca de una estación ampliamente representativa introduce luego una esperanza de mejora en los pronósticos de calidad del aire.

## 8. Anexo: Reportes mensuales/final

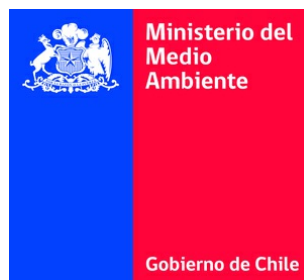
Se adjuntan los reportes mensuales entre septiembre y diciembre de 2016, además del reporte final que abarca todo el periodo de operación, es decir, 07 de septiembre a 07 de diciembre de 2016 (29 de septiembre a 07 de diciembre efectivamente).

- Reporte de evaluación MOS, Ministerio de Medio Ambiente, Andacollo, 01 de octubre de 2016 - 01 de noviembre de 2016.
- Reporte de evaluación MOS, Ministerio de Medio Ambiente, Andacollo, 01 de noviembre de 2016 - 01 de diciembre de 2016.
- Reporte de evaluación MOS, Ministerio de Medio Ambiente, Andacollo, 07 de septiembre de 2016 - 07 de diciembre de 2016.



# Reporte de Evaluación MOS

**Para:** Ministerio de Medio Ambiente



**Sitio:** Andacollo

**Periodo:** 01 de octubre de 2016 - 01 de noviembre de 2016

---

**meteodata**  
Especialistas en Meteorología y Calidad del Aire

**Domeyko 1864, Santiago**

**01 de noviembre de 2016**

# ÍNDICE

ÍNDICE	2
1. Resumen Ejecutivo	3
2. Evaluación MOS	3
2.1. Andacollo	3
2.1.1. Temperatura	3
2.1.1.1. Diagrama de Dispersión	3
2.1.1.2. Tabla de Estadística	3
2.1.1.3. Serie Horaria	4
2.1.1.4. Diagrama de Dispersión Máximos Diarios	5
2.1.1.5. Tabla de Estadística Máximos Diarios	6
2.1.1.6. Máximos diarios	6
2.1.1.7. Diagrama de Dispersión Mínimos Diarios	7
2.1.1.8. Tabla de Estadística Mínimos Diarios	8
2.1.1.9. Mínimos diarios	8
2.1.2. Material Particulado MP10	9
2.1.2.1. Serie Horaria	9
2.1.2.2. Diagrama de Dispersión Promedios Diarios	10
2.1.2.3. Tabla de Estadística Promedios Diarios	11
2.1.2.4. Promedios diarios	11
2.1.2.5. Tabla de contingencia	12

## 1. Resumen Ejecutivo

El siguiente reporte entrega una evaluación del desempeño del pronóstico MOS para la ciudad de Andacollo, en el marco del contrato de servicios con el Ministerio de Medio Ambiente, para el periodo 01 de octubre de 2016 - 01 de noviembre de 2016.

## 2. Evaluación MOS

### 2.1. Andacollo

Las variables a considerar dentro de la evaluación son:

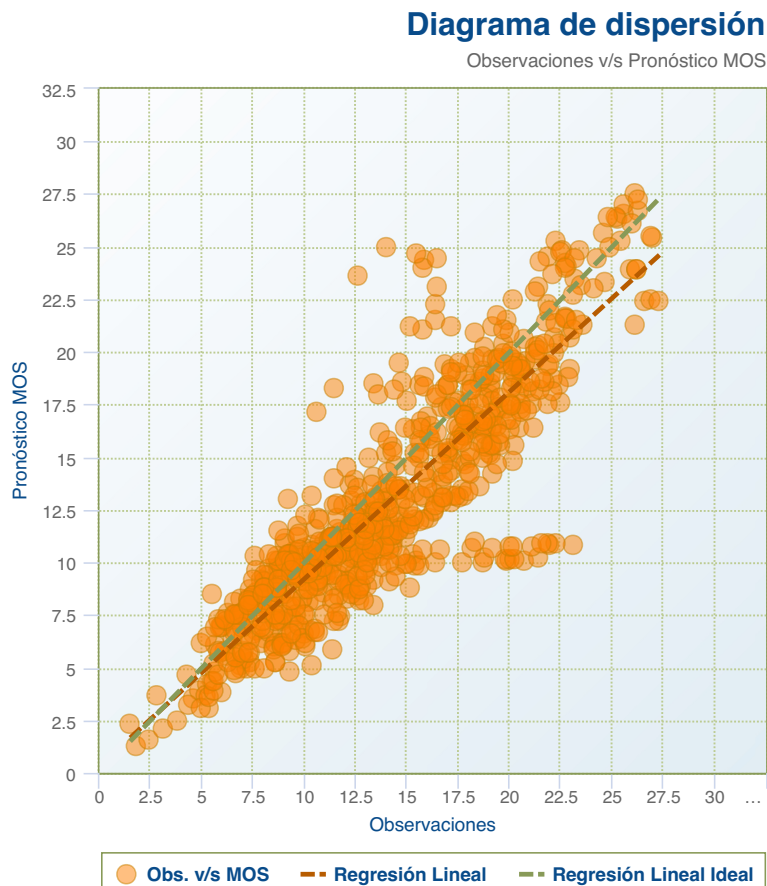
- Temperatura
- Material Particulado MP10

La evaluación del pronóstico MOS para cada una de las variables mencionadas se muestra a continuación.

#### 2.1.1. Temperatura

##### 2.1.1.1. Diagrama de Dispersión

La siguiente figura muestra un diagrama de dispersión entre los datos de la serie horaria observada en contraste con los datos de la serie horaria del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de octubre de 2016 - 01 de noviembre de 2016. Se indica además la regresión lineal real, es decir, la tendencia de los datos observados versus los datos de pronóstico, además de la regresión lineal ideal, es decir, la tendencia esperada que indica el mejor ajuste de ambos sets de datos.



##### 2.1.1.2. Tabla de Estadística

La siguiente tabla muestra el resumen de la estadística de las series horarias observadas en contraste con las series horarias del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de octubre de 2016 - 01 de noviembre de 2016.

**Tabla de Estadística**

Observaciones v/s Pronóstico MOS

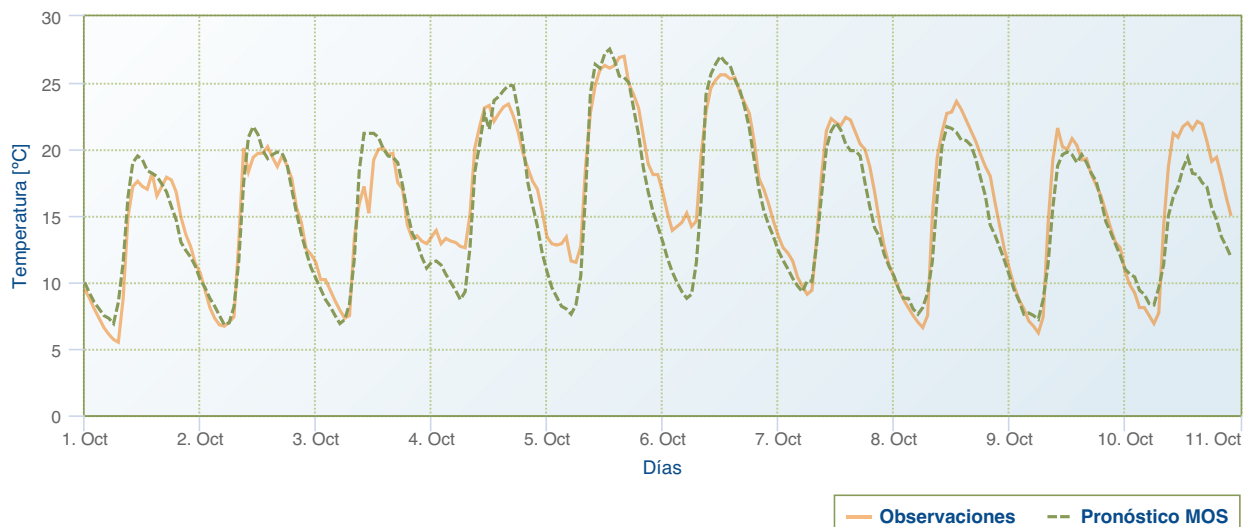
Estadística	Observaciones	Pronóstico MOS
	Promedio	14.07
Desviación Estándar	5.29	5.37
Máximo	27.3	27.53
Mínimo	1.5	1.3
Desviación Estándar del Error		2.66
Sesgo		1.23
Coefficiente de Correlación		0.88
Pendiente		0.89

**2.1.1.3. Serie Horaria**

Las siguientes figuras muestran la serie horaria observada en contraste con la serie horaria del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de octubre de 2016 - 01 de noviembre de 2016.

**Serie Horaria (1-3)**

Observaciones/Pronóstico MOS



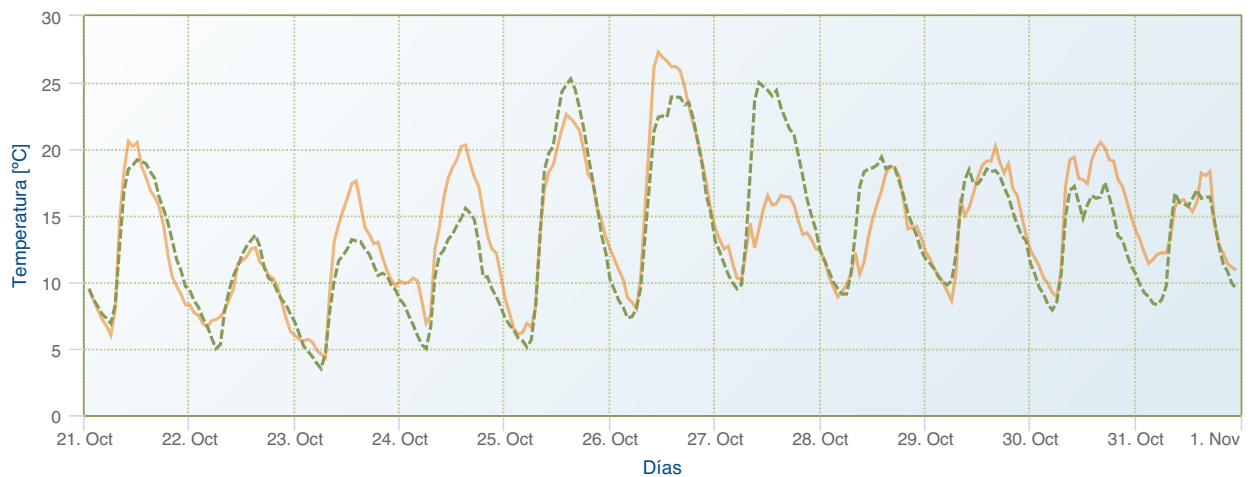
### Serie Horaria (2-3)

Observaciones/Pronóstico MOS



### Serie Horaria (3-3)

Observaciones/Pronóstico MOS

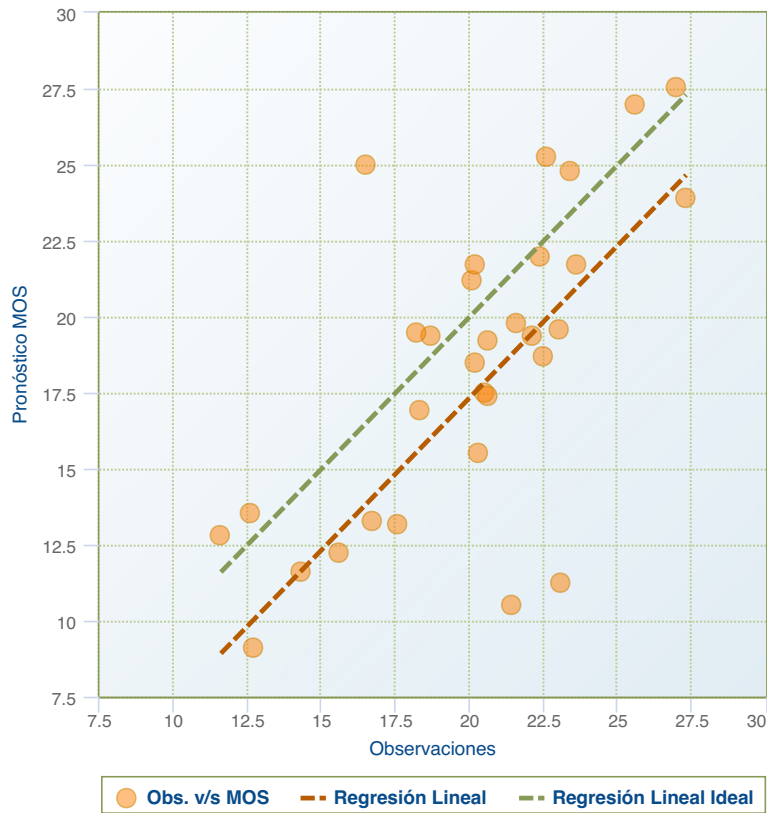


#### 2.1.1.4. Diagrama de Dispersión Máximos Diarios

La siguiente figura muestra un diagrama de dispersión entre los datos de la serie de máximos diarios observada en contraste con los datos de la serie de máximos diarios del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de octubre de 2016 - 01 de noviembre de 2016. Se indica además la regresión lineal real, es decir, la tendencia de los datos observados versus los datos de pronóstico, además de la regresión lineal ideal, es decir, la tendencia esperada que indica el mejor ajuste de ambos sets de datos.

### Diagrama de dispersión

Observaciones v/s Pronóstico MOS



#### 2.1.1.5. Tabla de Estadística Máximos Diarios

La siguiente tabla muestra el resumen de la estadística de las series de máximos diarios observadas en contraste con las series de máximos diarios del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de octubre de 2016 - 01 de noviembre de 2016.

**Tabla de Estadística**

Observaciones v/s Pronóstico MOS

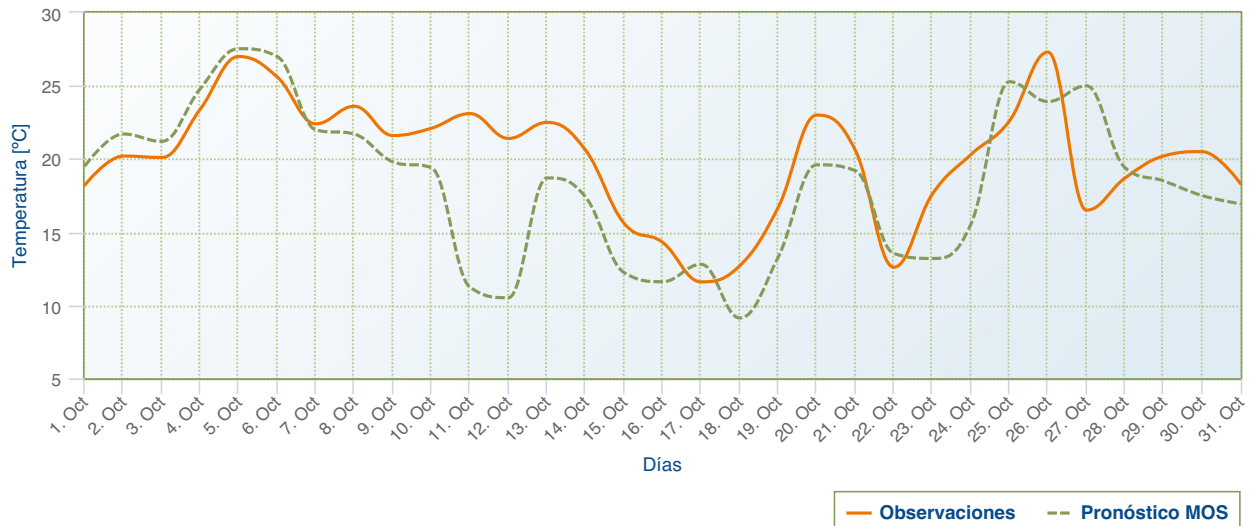
Estadística	Promedio	20.03	18.36
	Desviación Estándar	3.91	4.99
	Máximo	27.3	27.53
	Mínimo	11.6	9.13
	Desviación Estándar del Error		3.71
	Sesgo		1.67
	Coefficiente de Correlación		0.68
	Pendiente		0.87
		Observaciones	Pronóstico MOS

#### 2.1.1.6. Máximos diarios

La siguiente figura muestra la serie de máximos diarios observada en contraste con la serie de máximos diarios del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de octubre de 2016 - 01 de noviembre de 2016.

### Máximos Diarios

Observaciones/Pronóstico MOS



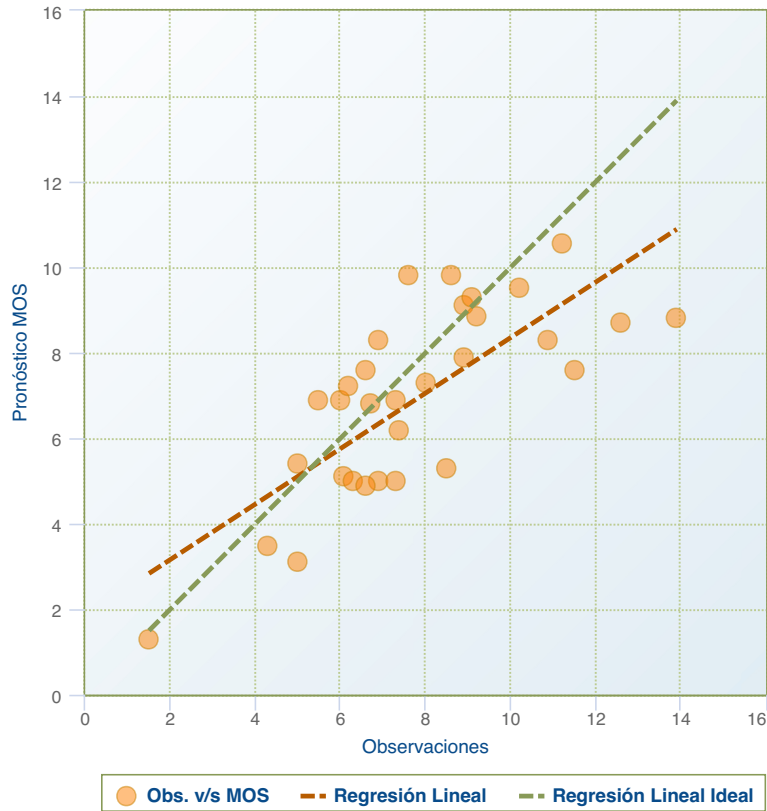
#### 2.1.1.7. Diagrama de Dispersión Mínimos Diarios

La siguiente figura muestra un diagrama de dispersión entre los datos de la serie de mínimos diarios observada en contraste con los datos de la serie de mínimos diarios del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de octubre de 2016 - 01 de noviembre de 2016. Se indica además la regresión lineal real, es decir, la tendencia de los datos observados versus los datos de pronóstico, además de la regresión lineal ideal, es decir, la tendencia esperada que indica el mejor ajuste de ambos sets de datos.



### Diagrama de dispersión

Observaciones v/s Pronóstico MOS



#### 2.1.1.8. Tabla de Estadística Mínimos Diarios

La siguiente tabla muestra el resumen de la estadística de las series de mínimos diarios observadas en contraste con las series de mínimos diarios del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de octubre de 2016 - 01 de noviembre de 2016.

**Tabla de Estadística**

Observaciones v/s Pronóstico MOS

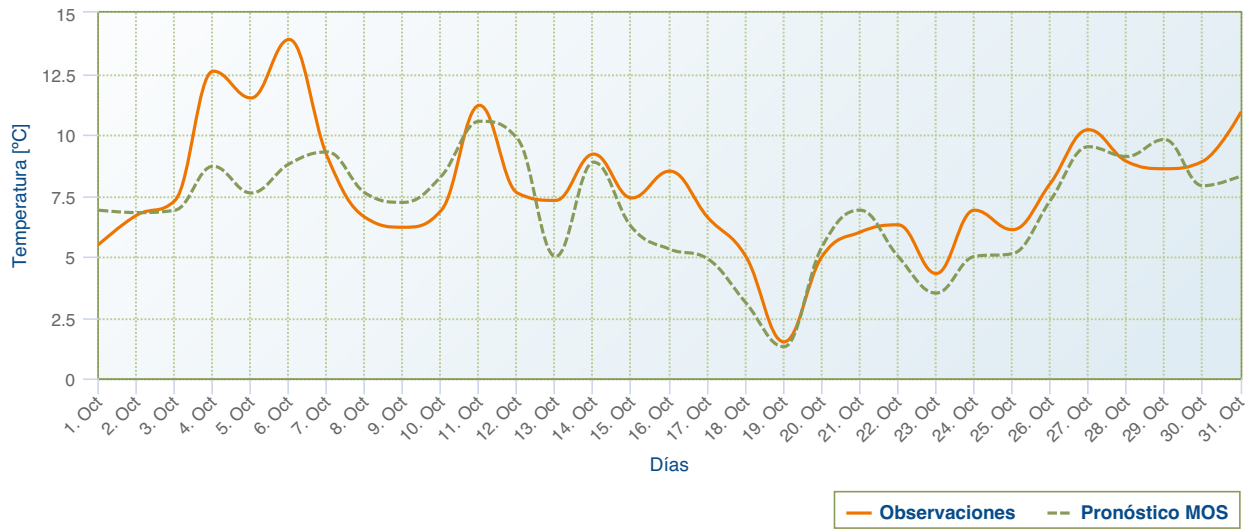
Estadística	Observaciones v/s Pronóstico MOS	
	Observaciones	Pronóstico MOS
Promedio	7.76	6.97
Desviación Estándar	2.53	2.16
Máximo	13.9	10.55
Mínimo	1.5	1.3
Desviación Estándar del Error		1.7
Sesgo		0.8
Coefficiente de Correlación		0.75
Pendiente		0.64

#### 2.1.1.9. Mínimos diarios

La siguiente figura muestra la serie de mínimos diarios observada versus la serie de mínimos diarios del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de octubre de 2016 - 01 de noviembre de 2016.

### Mínimos Diarios

Observaciones/Pronóstico MOS



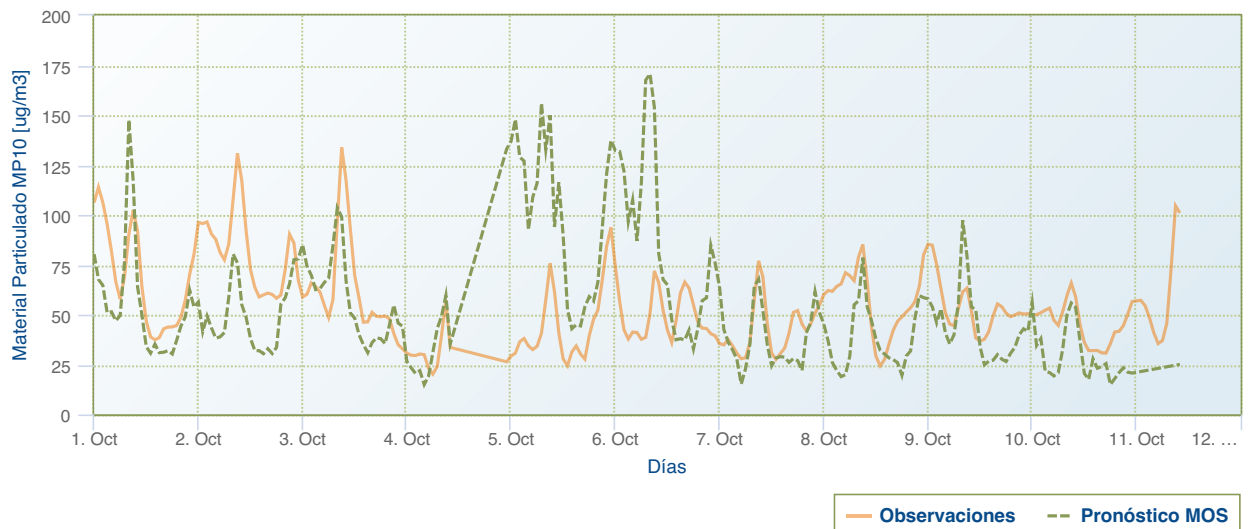
## 2.1.2. Material Particulado MP10

### 2.1.2.1. Serie Horaria

Las siguientes figuras muestran la serie horaria observada en contraste con la serie horaria del pronóstico MOS para la variable "Material Particulado MP10" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de octubre de 2016 - 01 de noviembre de 2016.

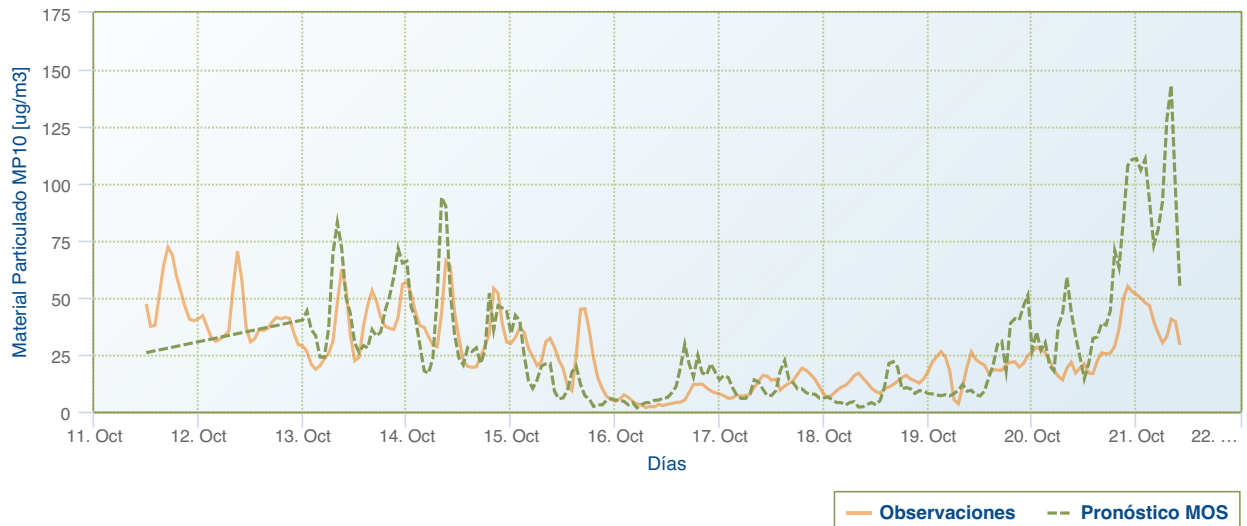
### Serie Horaria (1-3)

Observaciones/Pronóstico MOS



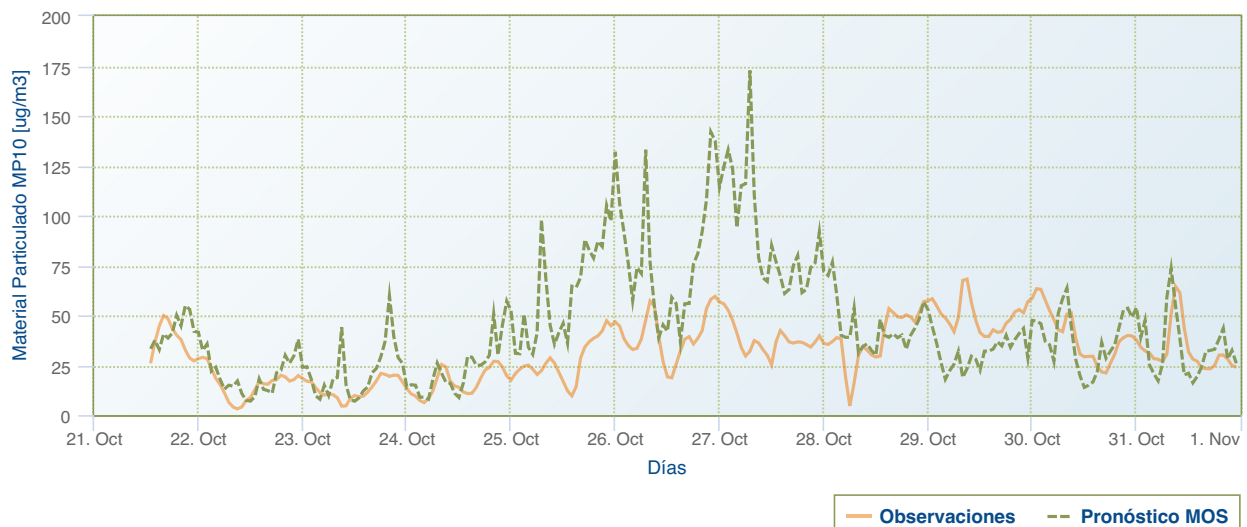
### Serie Horaria (2-3)

Observaciones/Pronóstico MOS



### Serie Horaria (3-3)

Observaciones/Pronóstico MOS

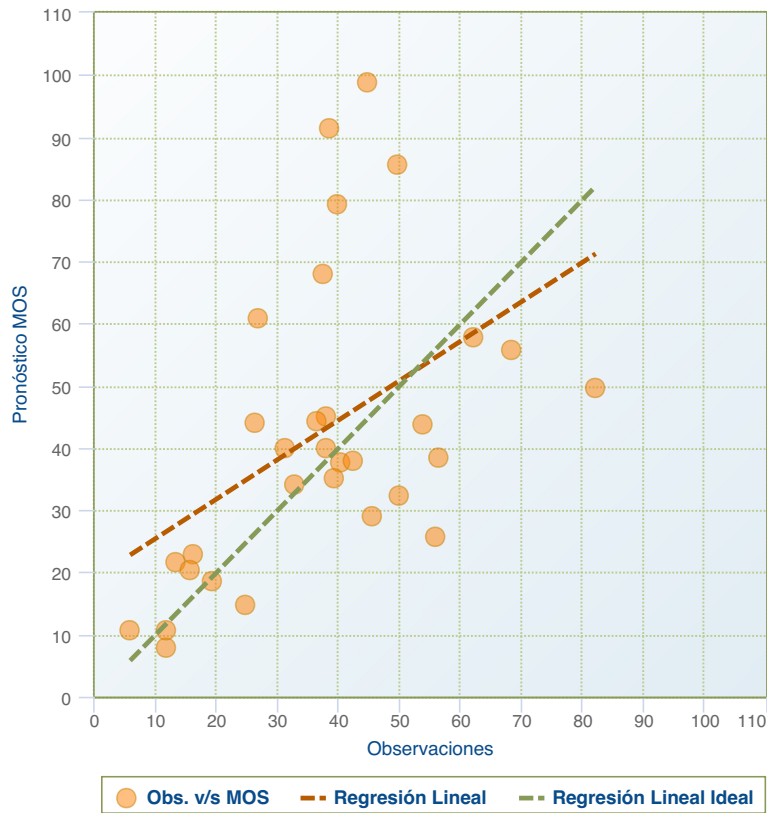


#### 2.1.2.2. Diagrama de Dispersión Promedios Diarios

La siguiente figura muestra un diagrama de dispersión entre los datos de la serie de promedios diarios observada en contraste con los datos de la serie de promedios diarios del pronóstico MOS para la variable "Material Particulado MP10" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de octubre de 2016 - 01 de noviembre de 2016. Se indica además la regresión lineal real, es decir, la tendencia de los datos observados versus los datos de pronóstico, además de la regresión lineal ideal, es decir, la tendencia esperada que indica el mejor ajuste de ambos sets de datos.

### Diagrama de dispersión

Observaciones v/s Pronóstico MOS



#### 2.1.2.3. Tabla de Estadística Promedios Diarios

La siguiente tabla muestra el resumen de la estadística de las series de promedios diarios observadas en contraste con las series de promedios diarios del pronóstico MOS para la variable "Material Particulado MP10" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de octubre de 2016 - 01 de noviembre de 2016.

**Tabla de Estadística**

Observaciones v/s Pronóstico MOS

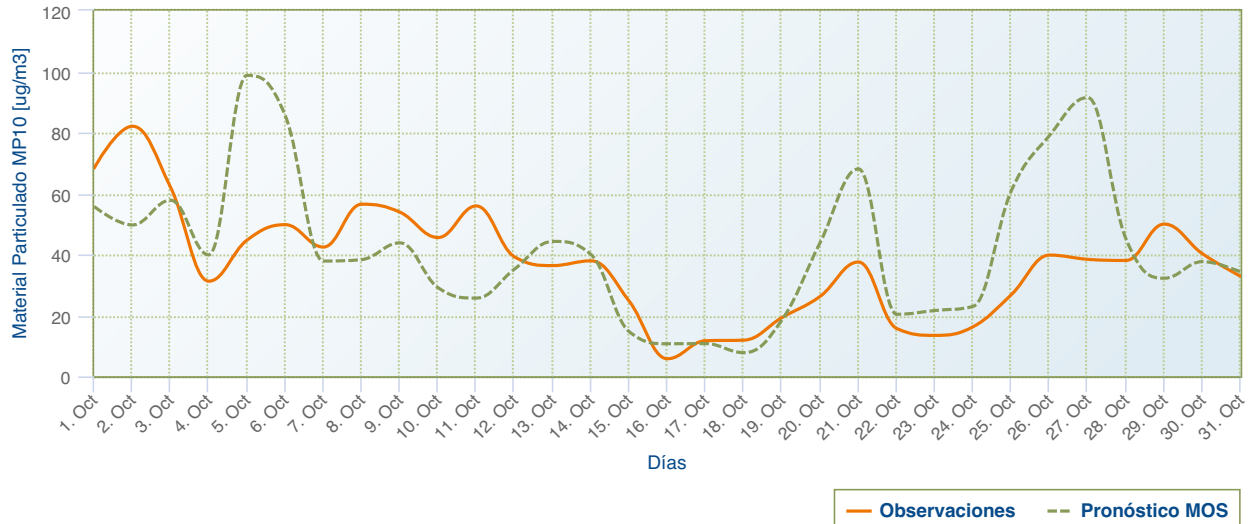
Estadística	Observaciones v/s Pronóstico MOS	
	Observaciones	Pronóstico MOS
Promedio	37.26	42.01
Desviación Estándar	17.59	23.32
Máximo	82.07	98.76
Mínimo	5.81	7.79
Desviación Estándar del Error		21.2
Sesgo		-4.75
Coefficiente de Correlación		0.49
Pendiente		0.65

#### 2.1.2.4. Promedios diarios

La siguiente figura muestra la serie de promedios diarios observada en contraste con la serie de promedios diarios del pronóstico MOS para la variable "Material Particulado MP10" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de octubre de 2016 - 01 de noviembre de 2016.

**Promedios Diarios**

Observaciones/Pronóstico MOS



**2.1.2.5. Tabla de contingencia**

La siguiente tabla de contingencia muestra los aciertos y desaciertos del pronóstico MOS respecto de las observaciones en términos de promedios diarios para la variable "Material Particulado MP10" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de octubre de 2016 - 01 de noviembre de 2016. Se indica el porcentaje de episodios bien pronosticados (derecha) y el porcentaje de acierto de episodios pronosticados (abajo). Los tipos de eventos se especifican a continuación:

- Bueno/Regular : menor a 195 ug/m3
- Alerta : entre 195 y 240 ug/m3
- Preemergencia : entre 240 y 330 ug/m3
- Emergencia : mayor a 330 ug/m3

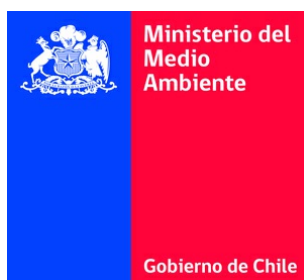
**Tabla de contingencia**

Pronóstico MOS v/s Observaciones

<b>Observaciones</b>	<b>Bueno/Regular</b>	31	0	0	0	100%
	<b>Alerta</b>	0	0	0	0	0%
	<b>Preemergencia</b>	0	0	0	0	0%
	<b>Emergencia</b>	0	0	0	0	0%
	<b>Porcentaje</b>	100%	0%	0%	0%	
		<b>Bueno/Regular</b>	<b>Alerta</b>	<b>Preemergencia</b>	<b>Emergencia</b>	<b>Porcentaje</b>
		<b>Pronóstico MOS</b>				

# Reporte de Evaluación MOS

**Para:** Ministerio de Medio Ambiente



**Sitio:** Andacollo

**Periodo:** 01 de noviembre de 2016 - 01 de diciembre de 2016

---

**meteodata**  
Especialistas en Meteorología y Calidad del Aire

**Domeyko 1864, Santiago**

**01 de diciembre de 2016**

# ÍNDICE

ÍNDICE	2
1. Resumen Ejecutivo	3
2. Evaluación MOS	3
2.1. Andacollo	3
2.1.1. Temperatura	3
2.1.1.1. Diagrama de Dispersión	3
2.1.1.2. Tabla de Estadística	3
2.1.1.3. Serie Horaria	4
2.1.1.4. Diagrama de Dispersión Máximos Diarios	5
2.1.1.5. Tabla de Estadística Máximos Diarios	6
2.1.1.6. Máximos diarios	6
2.1.1.7. Diagrama de Dispersión Mínimos Diarios	7
2.1.1.8. Tabla de Estadística Mínimos Diarios	8
2.1.1.9. Mínimos diarios	8
2.1.2. Material Particulado MP10	9
2.1.2.1. Serie Horaria	9
2.1.2.2. Diagrama de Dispersión Promedios Diarios	10
2.1.2.3. Tabla de Estadística Promedios Diarios	11
2.1.2.4. Promedios diarios	11
2.1.2.5. Tabla de contingencia	12

## 1. Resumen Ejecutivo

El siguiente reporte entrega una evaluación del desempeño del pronóstico MOS para la ciudad de Andacollo, en el marco del contrato de servicios con el Ministerio de Medio Ambiente, para el periodo 01 de noviembre de 2016 - 01 de diciembre de 2016.

## 2. Evaluación MOS

### 2.1. Andacollo

Las variables a considerar dentro de la evaluación son:

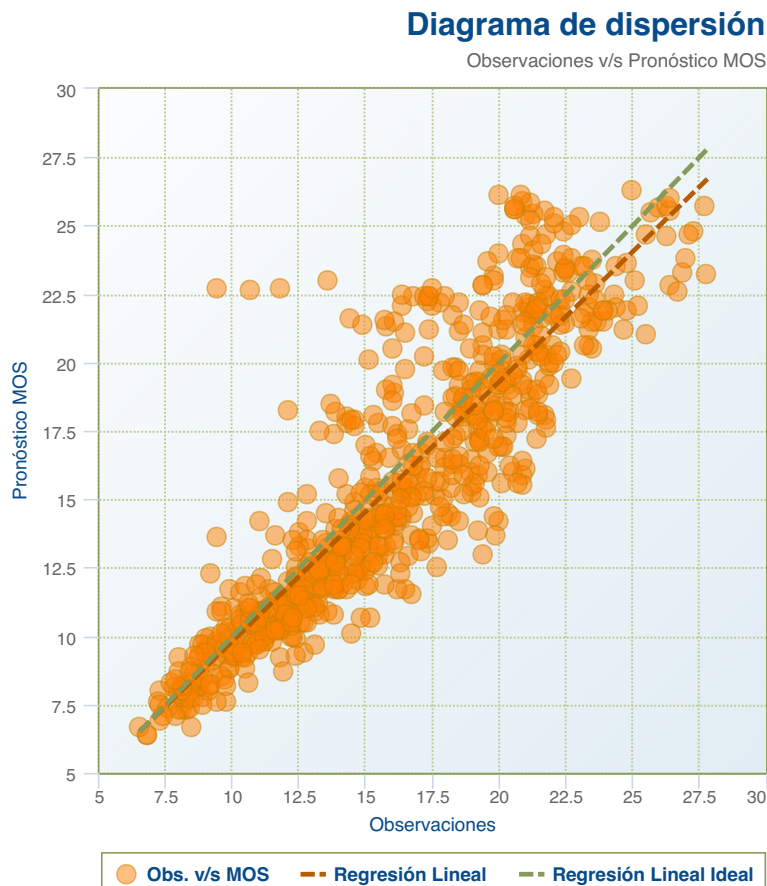
- Temperatura
- Material Particulado MP10

La evaluación del pronóstico MOS para cada una de las variables mencionadas se muestra a continuación.

#### 2.1.1. Temperatura

##### 2.1.1.1. Diagrama de Dispersión

La siguiente figura muestra un diagrama de dispersión entre los datos de la serie horaria observada en contraste con los datos de la serie horaria del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de noviembre de 2016 - 01 de diciembre de 2016. Se indica además la regresión lineal real, es decir, la tendencia de los datos observados versus los datos de pronóstico, además de la regresión lineal ideal, es decir, la tendencia esperada que indica el mejor ajuste de ambos sets de datos.



##### 2.1.1.2. Tabla de Estadística



La siguiente tabla muestra el resumen de la estadística de las series horarias observadas en contraste con las series horarias del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de noviembre de 2016 - 01 de diciembre de 2016.

**Tabla de Estadística**

Observaciones v/s Pronóstico MOS

Estadística	Observaciones	Pronóstico MOS
	Promedio	16.04
Desviación Estándar	4.7	5.02
Máximo	27.8	26.3
Mínimo	6.5	6.4
Desviación Estándar del Error		2.33
Sesgo		0.49
Coefficiente de Correlación		0.89
Pendiente		0.95

**2.1.1.3. Serie Horaria**

Las siguientes figuras muestran la serie horaria observada en contraste con la serie horaria del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de noviembre de 2016 - 01 de diciembre de 2016.

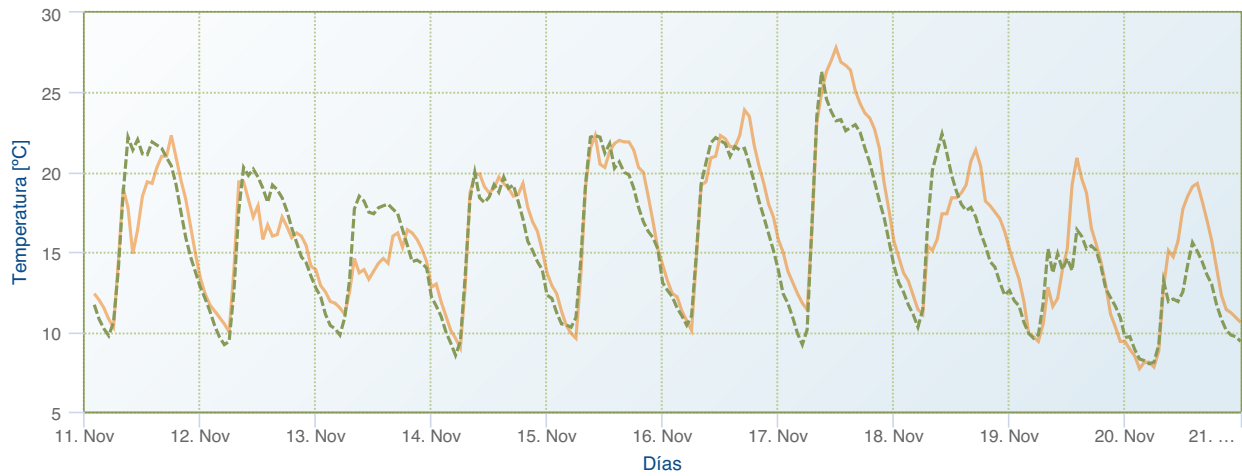
**Serie Horaria (1-3)**

Observaciones/Pronóstico MOS



### Serie Horaria (2-3)

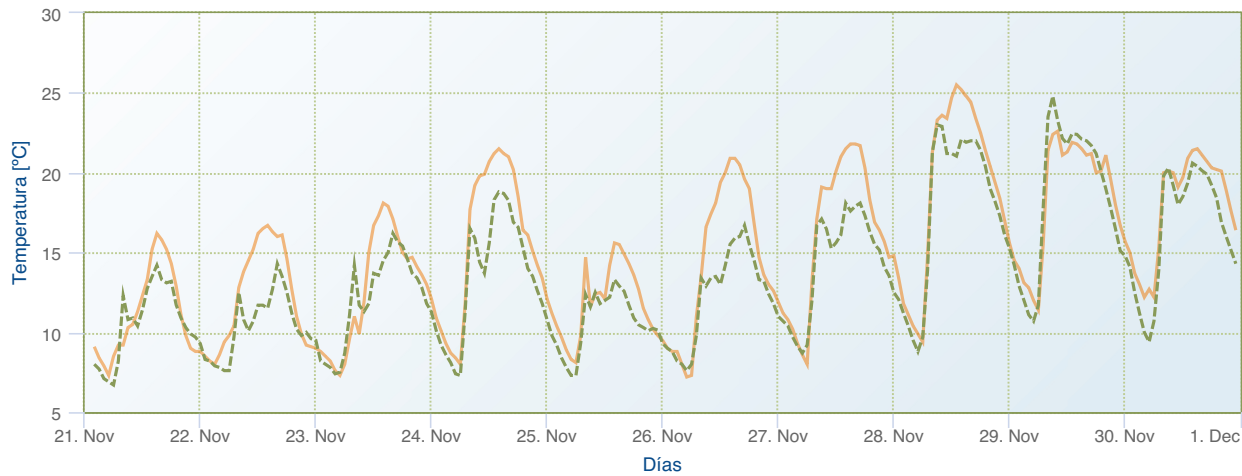
Observaciones/Pronóstico MOS



— Observaciones    - - - Pronóstico MOS

### Serie Horaria (3-3)

Observaciones/Pronóstico MOS



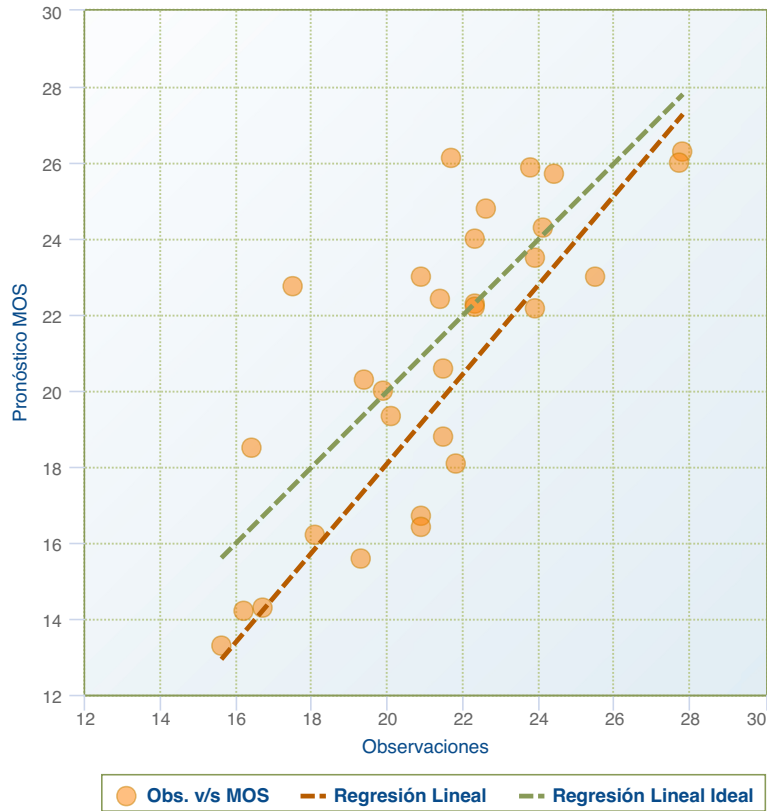
— Observaciones    - - - Pronóstico MOS

#### 2.1.1.4. Diagrama de Dispersión Máximos Diarios

La siguiente figura muestra un diagrama de dispersión entre los datos de la serie de máximos diarios observada en contraste con los datos de la serie de máximos diarios del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de noviembre de 2016 - 01 de diciembre de 2016. Se indica además la regresión lineal real, es decir, la tendencia de los datos observados versus los datos de pronóstico, además de la regresión lineal ideal, es decir, la tendencia esperada que indica el mejor ajuste de ambos sets de datos.

### Diagrama de dispersión

Observaciones v/s Pronóstico MOS



#### 2.1.1.5. Tabla de Estadística Máximos Diarios

La siguiente tabla muestra el resumen de la estadística de las series de máximos diarios observadas en contraste con las series de máximos diarios del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de noviembre de 2016 - 01 de diciembre de 2016.

**Tabla de Estadística**

Observaciones v/s Pronóstico MOS

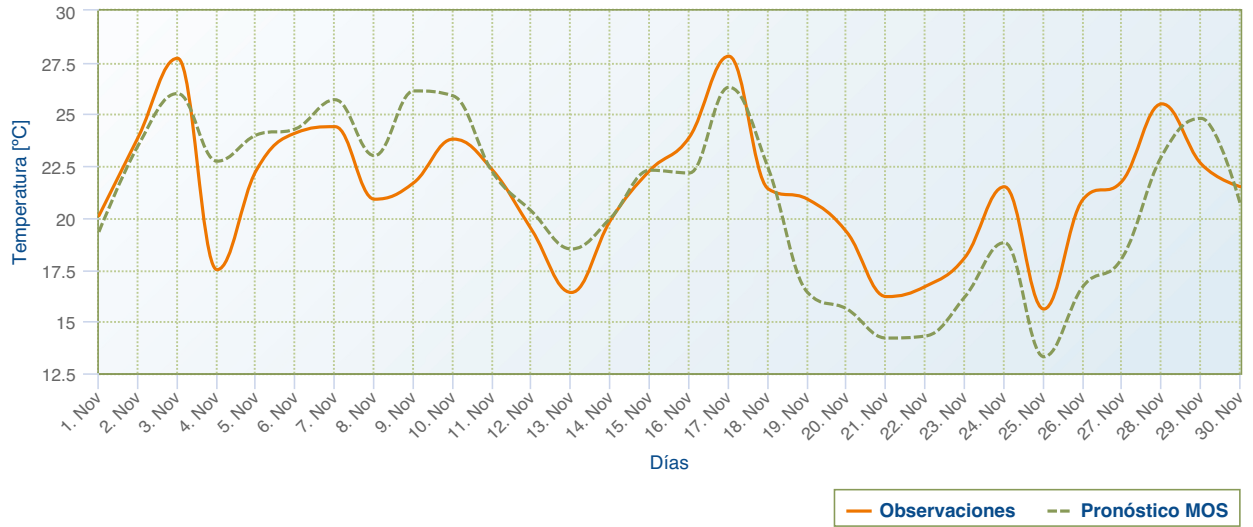
Estadística	Observaciones v/s Pronóstico MOS	
	Observaciones	Pronóstico MOS
Promedio	21.35	20.89
Desviación Estándar	3.07	3.87
Máximo	27.8	26.3
Mínimo	15.6	13.3
Desviación Estándar del Error		2.4
Sesgo		0.46
Coefficiente de Correlación		0.79
Pendiente		0.99

#### 2.1.1.6. Máximos diarios

La siguiente figura muestra la serie de máximos diarios observada en contraste con la serie de máximos diarios del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de noviembre de 2016 - 01 de diciembre de 2016.

**Máximos Diarios**

Observaciones/Pronóstico MOS

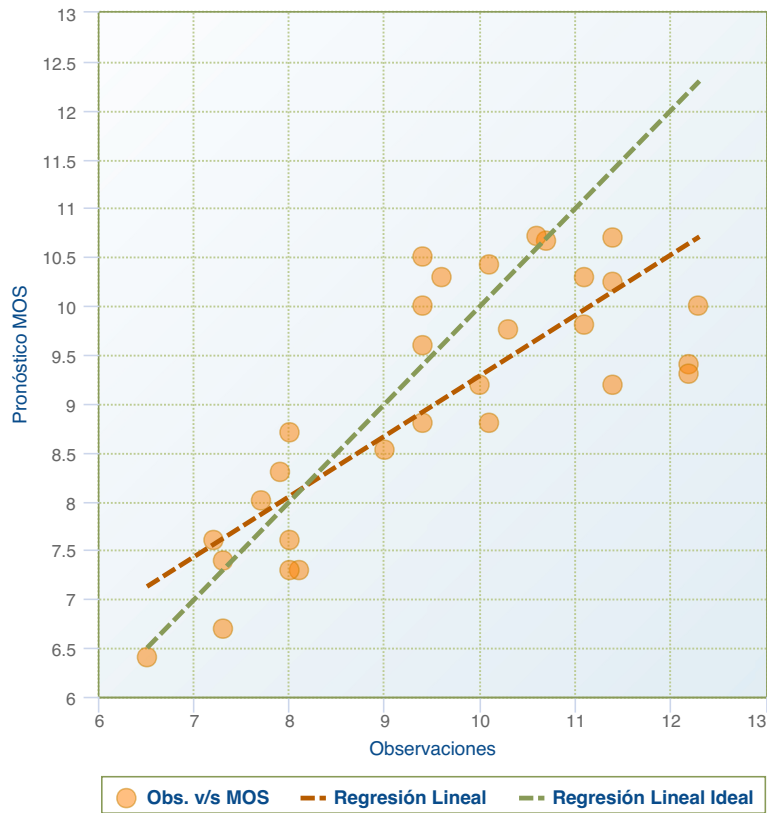


**2.1.1.7. Diagrama de Dispersión Mínimos Diarios**

La siguiente figura muestra un diagrama de dispersión entre los datos de la serie de mínimos diarios observada en contraste con los datos de la serie de mínimos diarios del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de noviembre de 2016 - 01 de diciembre de 2016. Se indica además la regresión lineal real, es decir, la tendencia de los datos observados versus los datos de pronóstico, además de la regresión lineal ideal, es decir, la tendencia esperada que indica el mejor ajuste de ambos sets de datos.

### Diagrama de dispersión

Observaciones v/s Pronóstico MOS



#### 2.1.1.8. Tabla de Estadística Mínimos Diarios

La siguiente tabla muestra el resumen de la estadística de las series de mínimos diarios observadas en contraste con las series de mínimos diarios del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de noviembre de 2016 - 01 de diciembre de 2016.

Tabla de Estadística

Observaciones v/s Pronóstico MOS

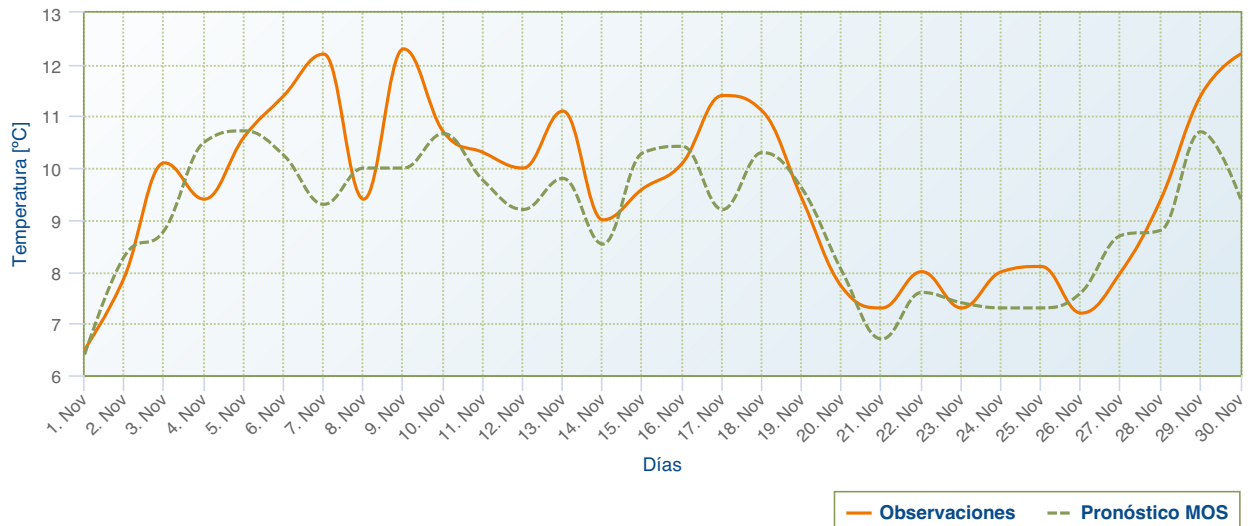
Estadística	Observaciones v/s Pronóstico MOS	
	Observaciones	Pronóstico MOS
Promedio	9.57	9.05
Desviación Estándar	1.65	1.26
Máximo	12.3	10.72
Mínimo	6.5	6.4
Desviación Estándar del Error		1.01
Sesgo		0.52
Coefficiente de Correlación		0.79
Pendiente		0.61

#### 2.1.1.9. Mínimos diarios

La siguiente figura muestra la serie de mínimos diarios observada versus la serie de mínimos diarios del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de noviembre de 2016 - 01 de diciembre de 2016.

### Mínimos Diarios

Observaciones/Pronóstico MOS



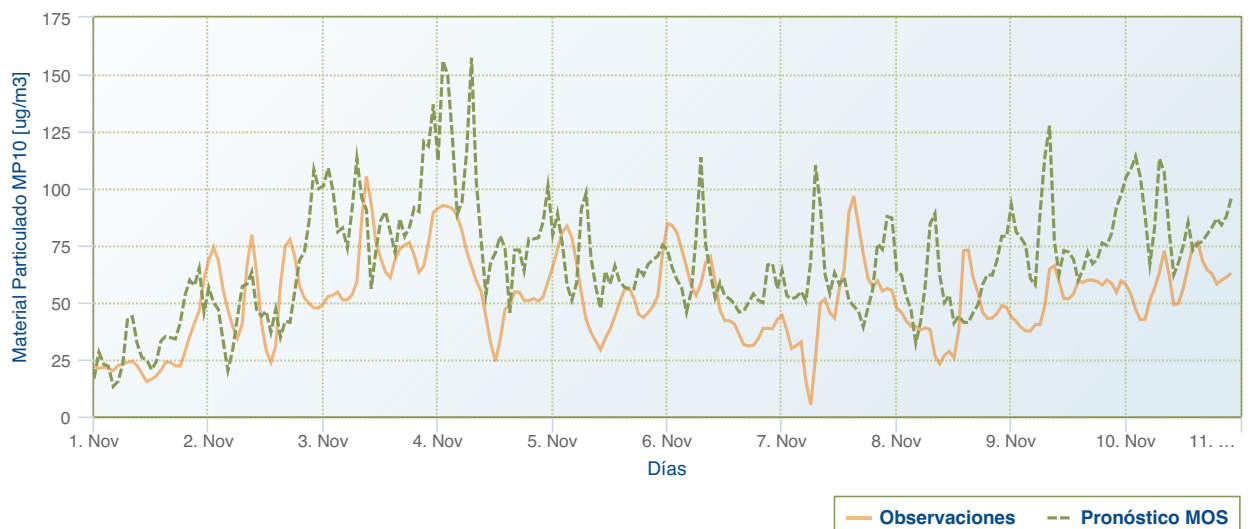
## 2.1.2. Material Particulado MP10

### 2.1.2.1. Serie Horaria

Las siguientes figuras muestran la serie horaria observada en contraste con la serie horaria del pronóstico MOS para la variable "Material Particulado MP10" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de noviembre de 2016 - 01 de diciembre de 2016.

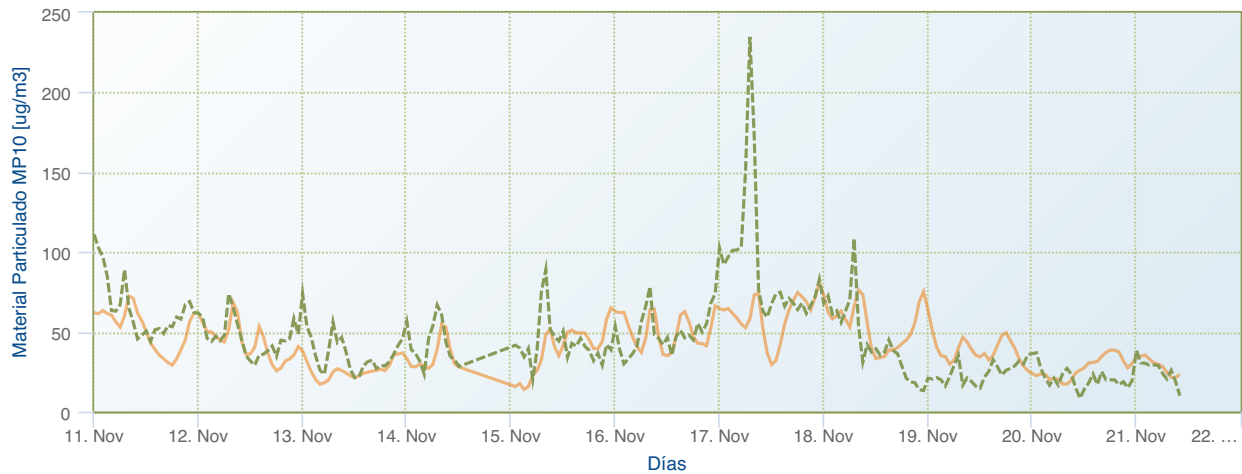
### Serie Horaria (1-3)

Observaciones/Pronóstico MOS



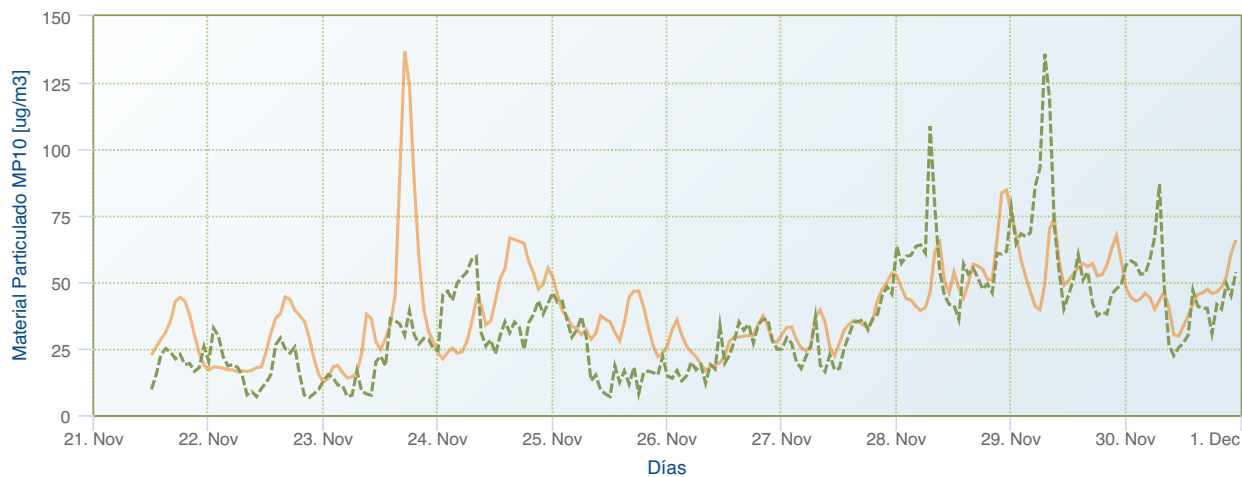
### Serie Horaria (2-3)

Observaciones/Pronóstico MOS



### Serie Horaria (3-3)

Observaciones/Pronóstico MOS

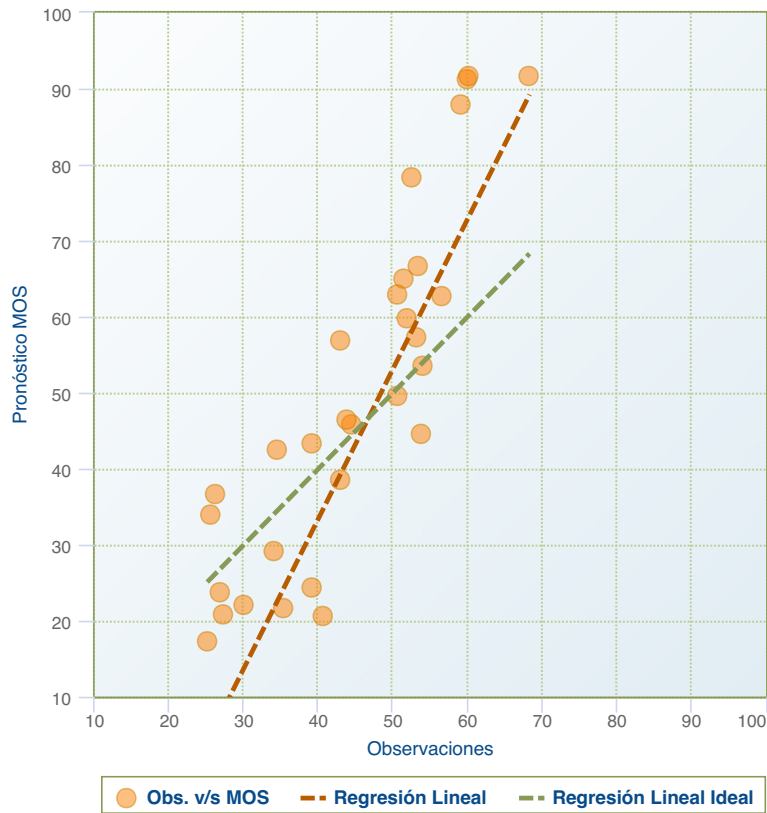


#### 2.1.2.2. Diagrama de Dispersión Promedios Diarios

La siguiente figura muestra un diagrama de dispersión entre los datos de la serie de promedios diarios observada en contraste con los datos de la serie de promedios diarios del pronóstico MOS para la variable "Material Particulado MP10" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de noviembre de 2016 - 01 de diciembre de 2016. Se indica además la regresión lineal real, es decir, la tendencia de los datos observados versus los datos de pronóstico, además de la regresión lineal ideal, es decir, la tendencia esperada que indica el mejor ajuste de ambos sets de datos.

### Diagrama de dispersión

Observaciones v/s Pronóstico MOS



#### 2.1.2.3. Tabla de Estadística Promedios Diarios

La siguiente tabla muestra el resumen de la estadística de las series de promedios diarios observadas en contraste con las series de promedios diarios del pronóstico MOS para la variable "Material Particulado MP10" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de noviembre de 2016 - 01 de diciembre de 2016.

**Tabla de Estadística**

Observaciones v/s Pronóstico MOS

Estadística	Promedio	44.5	49.57
	Desviación Estándar	11.89	22.61
	Máximo	68.29	91.74
	Mínimo	25.09	17.19
	Desviación Estándar del Error		13.47
	Sesgo		-5.07
	Coefficiente de Correlación		0.88
	Pendiente		1.67
		Observaciones	Pronóstico MOS

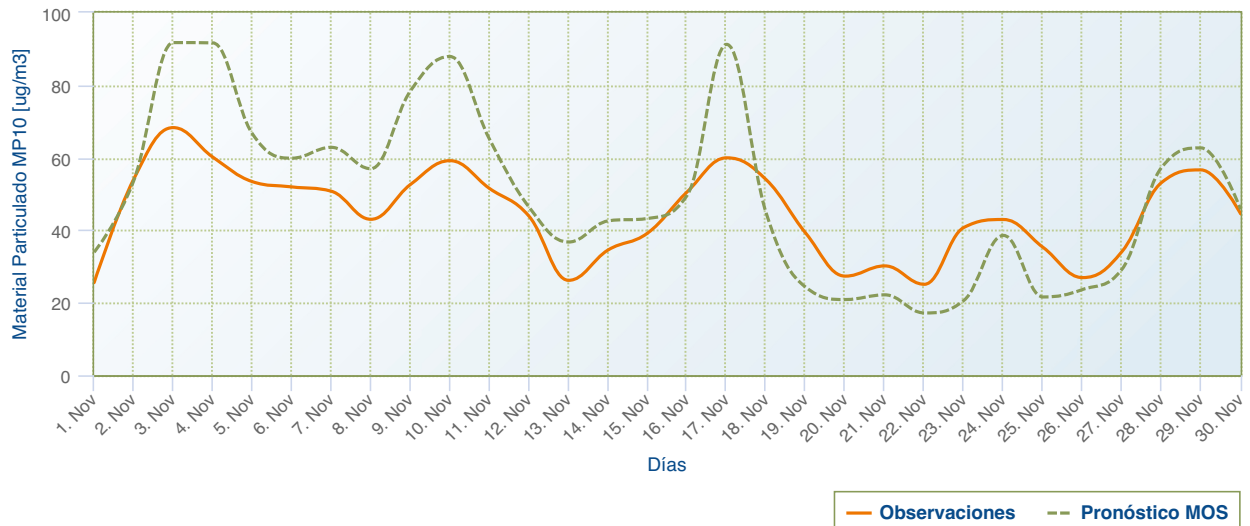
#### 2.1.2.4. Promedios diarios

La siguiente figura muestra la serie de promedios diarios observada en contraste con la serie de promedios diarios del pronóstico MOS para la variable "Material Particulado MP10" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de noviembre de 2016 - 01 de diciembre de 2016.



**Promedios Diarios**

Observaciones/Pronóstico MOS



**2.1.2.5. Tabla de contingencia**

La siguiente tabla de contingencia muestra los aciertos y desaciertos del pronóstico MOS respecto de las observaciones en términos de promedios diarios para la variable "Material Particulado MP10" de la estación Andacollo durante el periodo 01 de noviembre de 2016 - 01 de diciembre de 2016. Se indica el porcentaje de episodios bien pronosticados (derecha) y el porcentaje de acierto de episodios pronosticados (abajo). Los tipos de eventos se especifican a continuación:

- Bueno/Regular : menor a 195 ug/m3
- Alerta : entre 195 y 240 ug/m3
- Preemergencia : entre 240 y 330 ug/m3
- Emergencia : mayor a 330 ug/m3

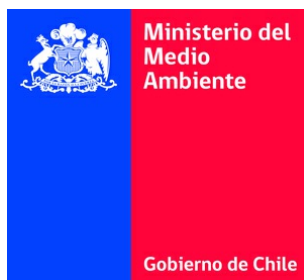
**Tabla de contingencia**

Pronóstico MOS v/s Observaciones

<b>Observaciones</b>	<b>Bueno/Regular</b>	30	0	0	0	100%
	<b>Alerta</b>	0	0	0	0	0%
	<b>Preemergencia</b>	0	0	0	0	0%
	<b>Emergencia</b>	0	0	0	0	0%
	<b>Porcentaje</b>	100%	0%	0%	0%	
		<b>Bueno/Regular</b>	<b>Alerta</b>	<b>Preemergencia</b>	<b>Emergencia</b>	<b>Porcentaje</b>
		<b>Pronóstico MOS</b>				

# Reporte de Evaluación MOS

**Para:** Ministerio de Medio Ambiente



**Sitio:** Andacollo

**Periodo:** 07 de septiembre de 2016 - 07 de diciembre de 2016

---

**meteodata**  
Especialistas en Meteorología y Calidad del Aire

**Domeyko 1864, Santiago**

**07 de diciembre de 2016**

# ÍNDICE

ÍNDICE	2
1. Resumen Ejecutivo	3
2. Evaluación MOS	3
2.1. Andacollo	3
2.1.1. Temperatura	3
2.1.1.1. Diagrama de Dispersión	3
2.1.1.2. Tabla de Estadística	3
2.1.1.3. Serie Horaria	4
2.1.1.4. Diagrama de Dispersión Máximos Diarios	7
2.1.1.5. Tabla de Estadística Máximos Diarios	8
2.1.1.6. Máximos diarios	8
2.1.1.7. Diagrama de Dispersión Mínimos Diarios	9
2.1.1.8. Tabla de Estadística Mínimos Diarios	10
2.1.1.9. Mínimos diarios	10
2.1.2. Material Particulado MP10	11
2.1.2.1. Serie Horaria	11
2.1.2.2. Diagrama de Dispersión Promedios Diarios	14
2.1.2.3. Tabla de Estadística Promedios Diarios	15
2.1.2.4. Promedios diarios	15
2.1.2.5. Tabla de contingencia	16

## 1. Resumen Ejecutivo

El siguiente reporte entrega una evaluación del desempeño del pronóstico MOS para la ciudad de Andacollo, en el marco del contrato de servicios con el Ministerio de Medio Ambiente, para el periodo 07 de septiembre de 2016 - 07 de diciembre de 2016.

## 2. Evaluación MOS

### 2.1. Andacollo

Las variables a considerar dentro de la evaluación son:

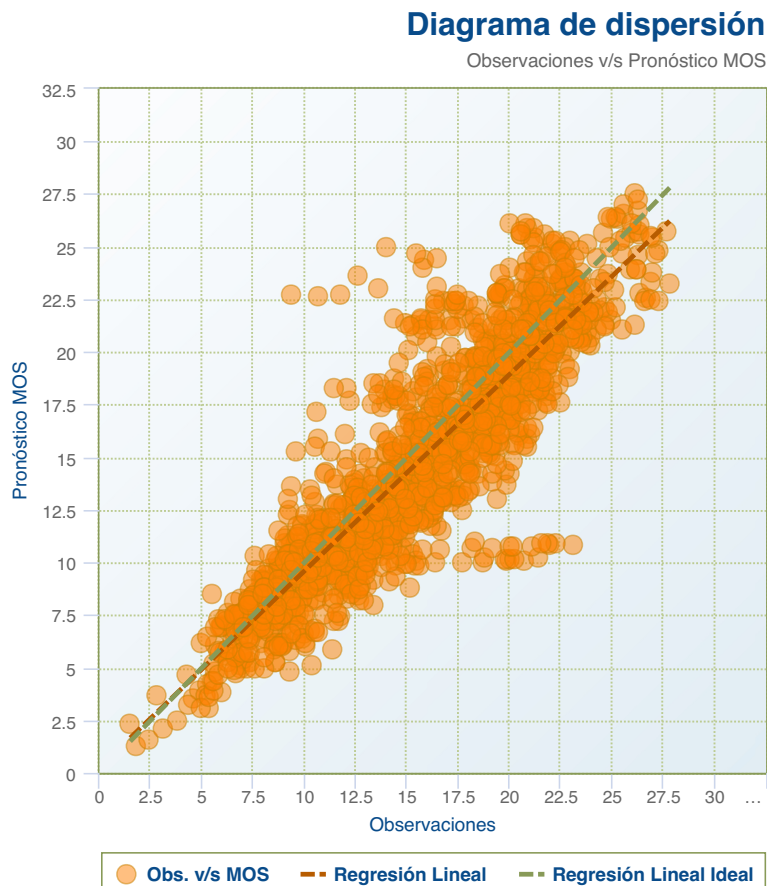
- Temperatura
- Material Particulado MP10

La evaluación del pronóstico MOS para cada una de las variables mencionadas se muestra a continuación.

#### 2.1.1. Temperatura

##### 2.1.1.1. Diagrama de Dispersión

La siguiente figura muestra un diagrama de dispersión entre los datos de la serie horaria observada en contraste con los datos de la serie horaria del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 07 de septiembre de 2016 - 07 de diciembre de 2016. Se indica además la regresión lineal real, es decir, la tendencia de los datos observados versus los datos de pronóstico, además de la regresión lineal ideal, es decir, la tendencia esperada que indica el mejor ajuste de ambos sets de datos.



##### 2.1.1.2. Tabla de Estadística

La siguiente tabla muestra el resumen de la estadística de las series horarias observadas en contraste con las series horarias del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 07 de septiembre de 2016 - 07 de diciembre de 2016.

**Tabla de Estadística**

Observaciones v/s Pronóstico MOS

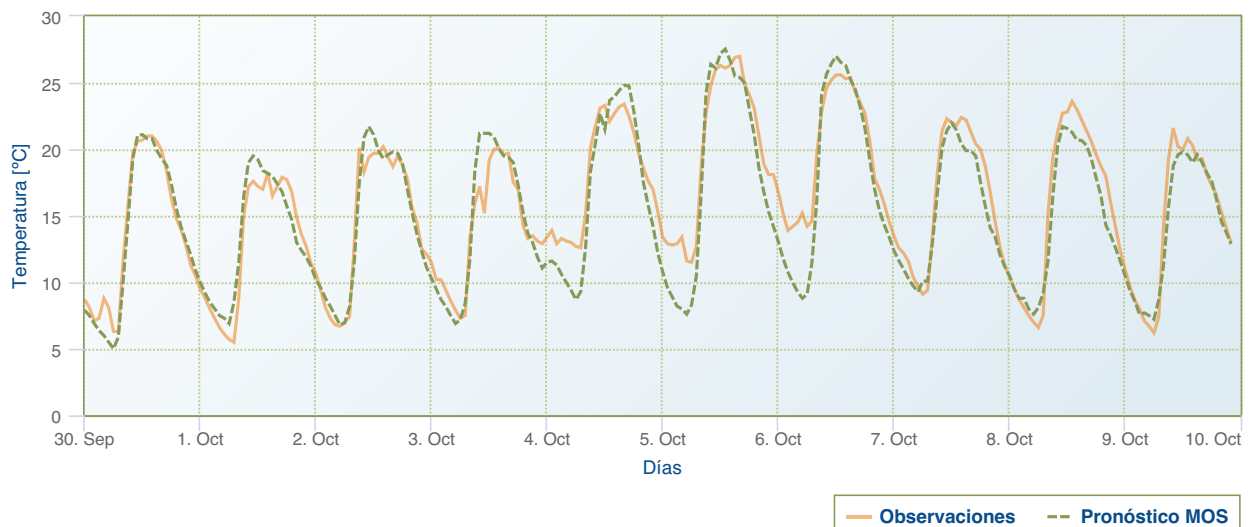
Estadística	Observaciones	Pronóstico MOS
	Promedio	15.18
Desviación Estándar	5.09	5.37
Máximo	27.8	27.53
Mínimo	1.5	1.3
Desviación Estándar del Error		2.52
Sesgo		0.74
Coefficiente de Correlación		0.89
Pendiente		0.93

**2.1.1.3. Serie Horaria**

Las siguientes figuras muestran la serie horaria observada en contraste con la serie horaria del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 07 de septiembre de 2016 - 07 de diciembre de 2016.

**Serie Horaria (1-7)**

Observaciones/Pronóstico MOS



### Serie Horaria (2-7)

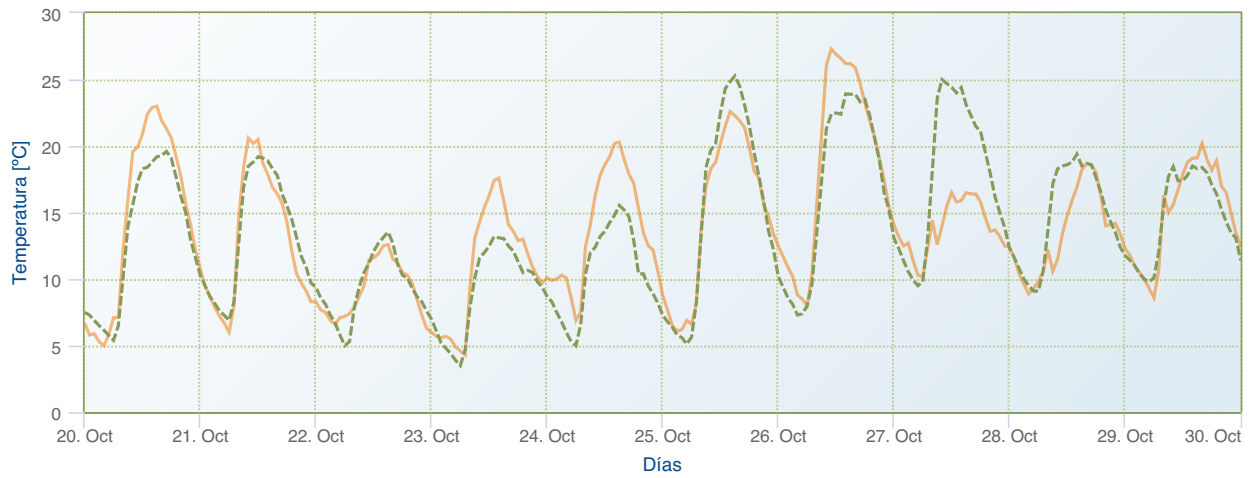
Observaciones/Pronóstico MOS



— Observaciones    - - - Pronóstico MOS

### Serie Horaria (3-7)

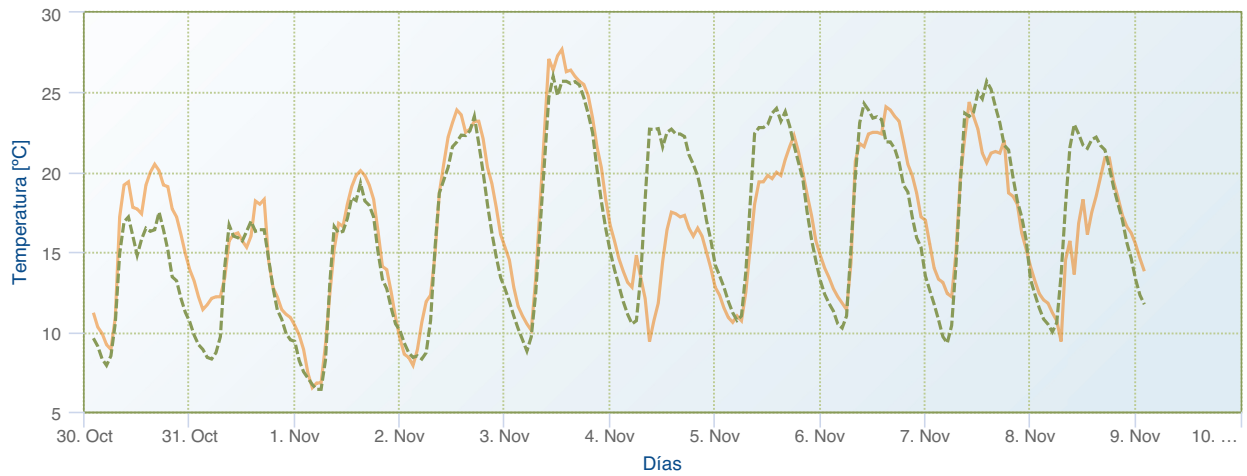
Observaciones/Pronóstico MOS



— Observaciones    - - - Pronóstico MOS

### Serie Horaria (4-7)

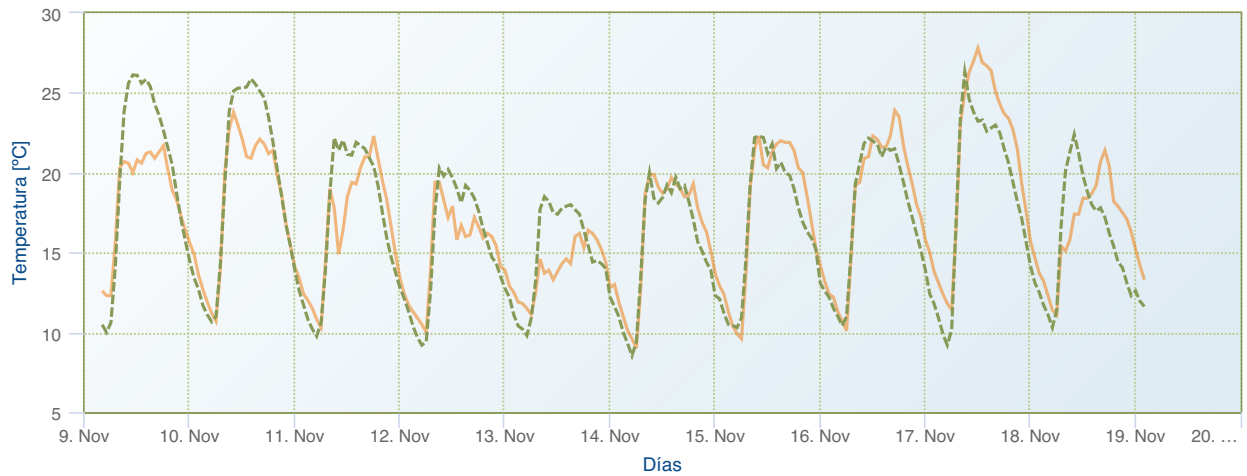
Observaciones/Pronóstico MOS



— Observaciones    - - - Pronóstico MOS

### Serie Horaria (5-7)

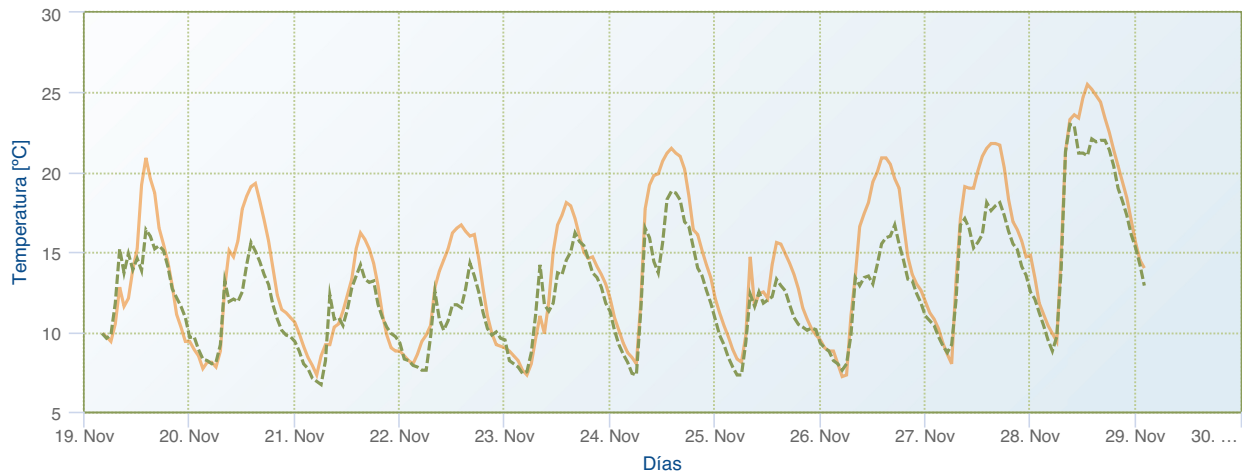
Observaciones/Pronóstico MOS



— Observaciones    - - - Pronóstico MOS

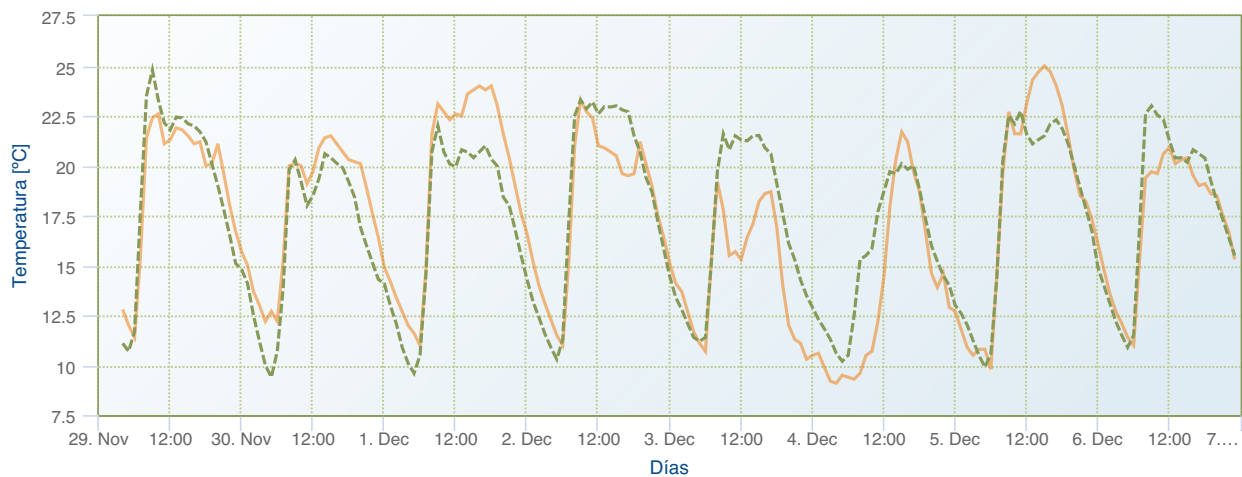
### Serie Horaria (6-7)

Observaciones/Pronóstico MOS



### Serie Horaria (7-7)

Observaciones/Pronóstico MOS



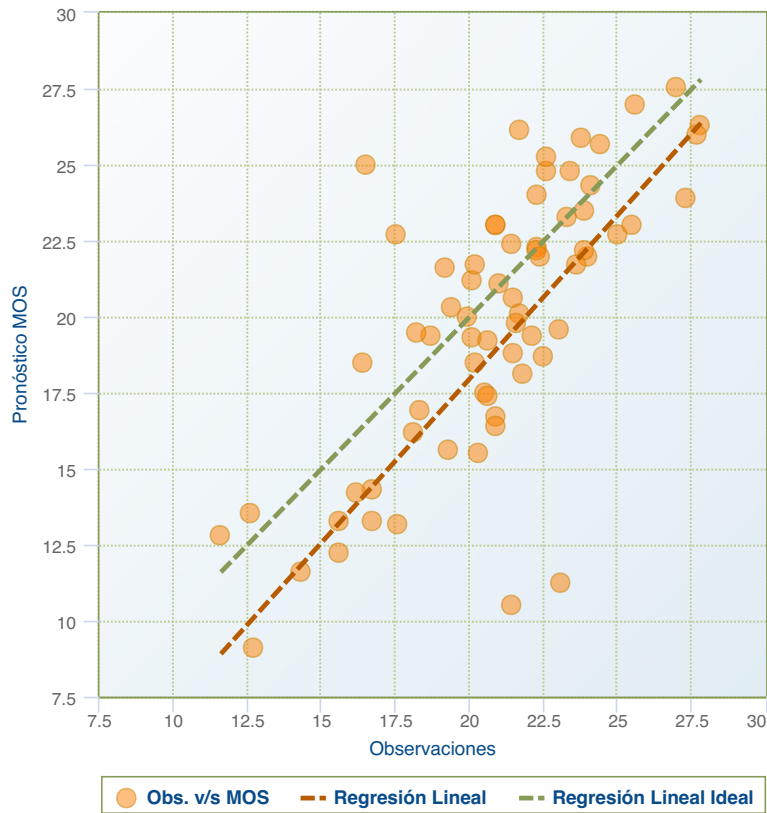
#### 2.1.1.4. Diagrama de Dispersión Máximos Diarios

La siguiente figura muestra un diagrama de dispersión entre los datos de la serie de máximos diarios observada en contraste con los datos de la serie de máximos diarios del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 07 de septiembre de 2016 - 07 de diciembre de 2016. Se indica además la regresión lineal real, es decir, la tendencia de los datos observados versus los datos de pronóstico, además de la regresión lineal ideal, es decir, la tendencia esperada que indica el mejor ajuste de ambos sets de datos.



### Diagrama de dispersión

Observaciones v/s Pronóstico MOS



#### 2.1.1.5. Tabla de Estadística Máximos Diarios

La siguiente tabla muestra el resumen de la estadística de las series de máximos diarios observadas en contraste con las series de máximos diarios del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 07 de septiembre de 2016 - 07 de diciembre de 2016.

**Tabla de Estadística**

Observaciones v/s Pronóstico MOS

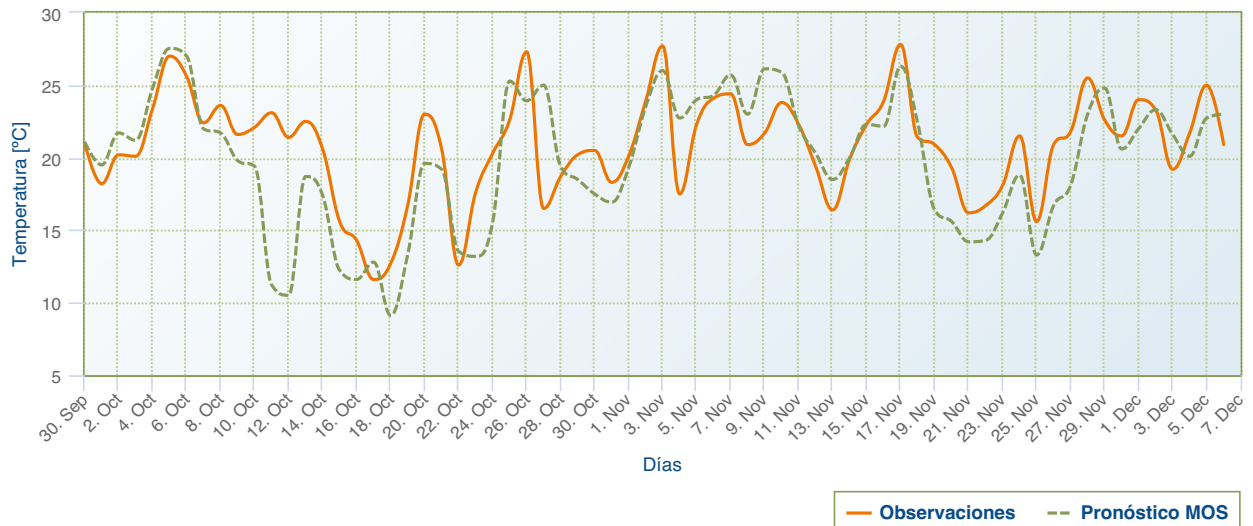
Estadística	Observaciones v/s Pronóstico MOS	
	Observaciones	Pronóstico MOS
Promedio	20.83	19.85
Desviación Estándar	3.47	4.48
Máximo	27.8	27.53
Mínimo	11.6	9.13
Desviación Estándar del Error		3.09
Sesgo		0.98
Coefficiente de Correlación		0.73
Pendiente		0.94

#### 2.1.1.6. Máximos diarios

La siguiente figura muestra la serie de máximos diarios observada en contraste con la serie de máximos diarios del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 07 de septiembre de 2016 - 07 de diciembre de 2016.

### Máximos Diarios

Observaciones/Pronóstico MOS

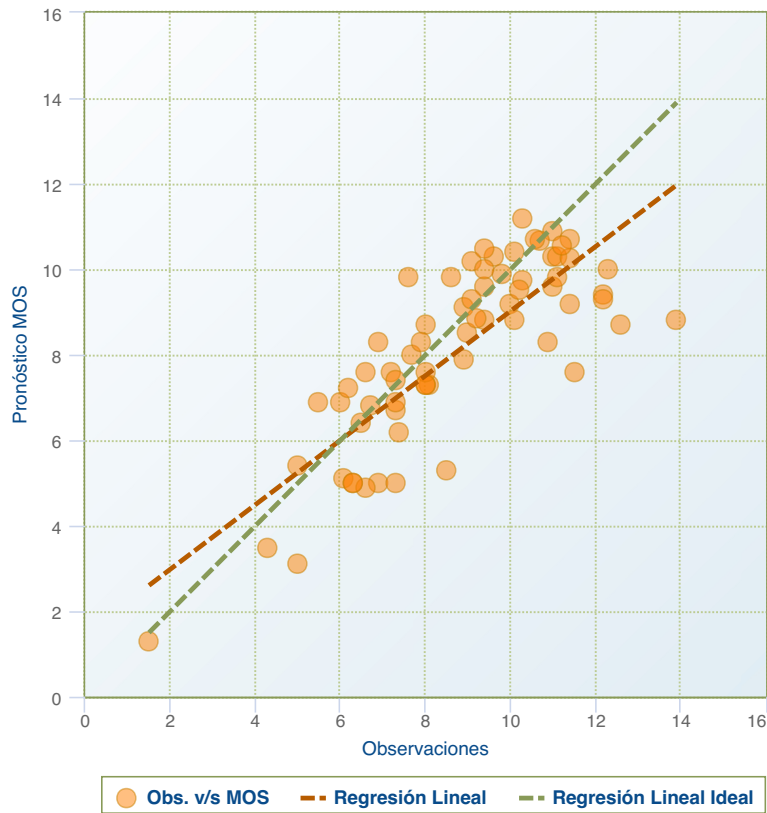


#### 2.1.1.7. Diagrama de Dispersión Mínimos Diarios

La siguiente figura muestra un diagrama de dispersión entre los datos de la serie de mínimos diarios observada en contraste con los datos de la serie de mínimos diarios del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 07 de septiembre de 2016 - 07 de diciembre de 2016. Se indica además la regresión lineal real, es decir, la tendencia de los datos observados versus los datos de pronóstico, además de la regresión lineal ideal, es decir, la tendencia esperada que indica el mejor ajuste de ambos sets de datos.

### Diagrama de dispersión

Observaciones v/s Pronóstico MOS



#### 2.1.1.8. Tabla de Estadística Mínimos Diarios

La siguiente tabla muestra el resumen de la estadística de las series de mínimos diarios observadas en contraste con las series de mínimos diarios del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 07 de septiembre de 2016 - 07 de diciembre de 2016.

**Tabla de Estadística**

Observaciones v/s Pronóstico MOS

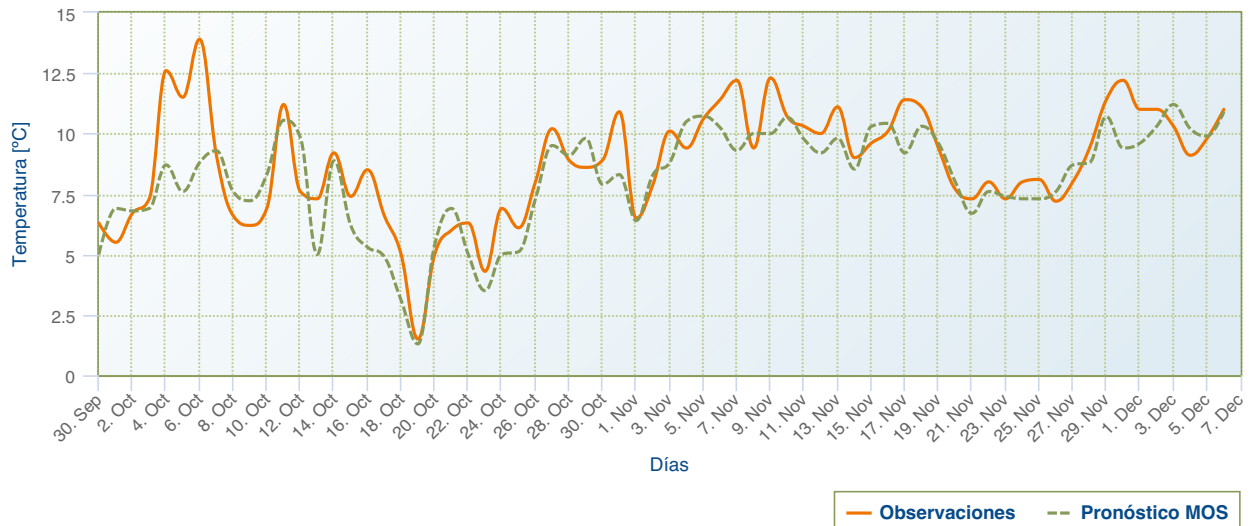
Estadística	Observaciones v/s Pronóstico MOS	
	Observaciones	Pronóstico MOS
Promedio	8.77	8.16
Desviación Estándar	2.28	2.11
Máximo	13.9	11.2
Mínimo	1.5	1.3
Desviación Estándar del Error		1.38
Sesgo		0.61
Coefficiente de Correlación		0.81
Pendiente		0.74

#### 2.1.1.9. Mínimos diarios

La siguiente figura muestra la serie de mínimos diarios observada versus la serie de mínimos diarios del pronóstico MOS para la variable "Temperatura" de la estación Andacollo durante el periodo 07 de septiembre de 2016 - 07 de diciembre de 2016.

### Mínimos Diarios

Observaciones/Pronóstico MOS



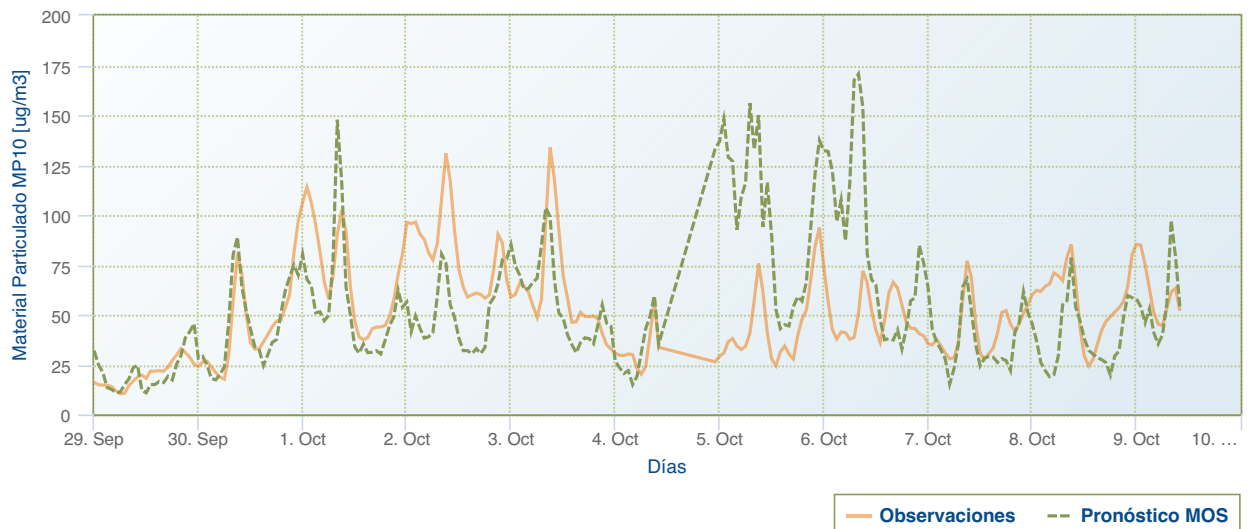
## 2.1.2. Material Particulado MP10

### 2.1.2.1. Serie Horaria

Las siguientes figuras muestran la serie horaria observada en contraste con la serie horaria del pronóstico MOS para la variable "Material Particulado MP10" de la estación Andacollo durante el periodo 07 de septiembre de 2016 - 07 de diciembre de 2016.

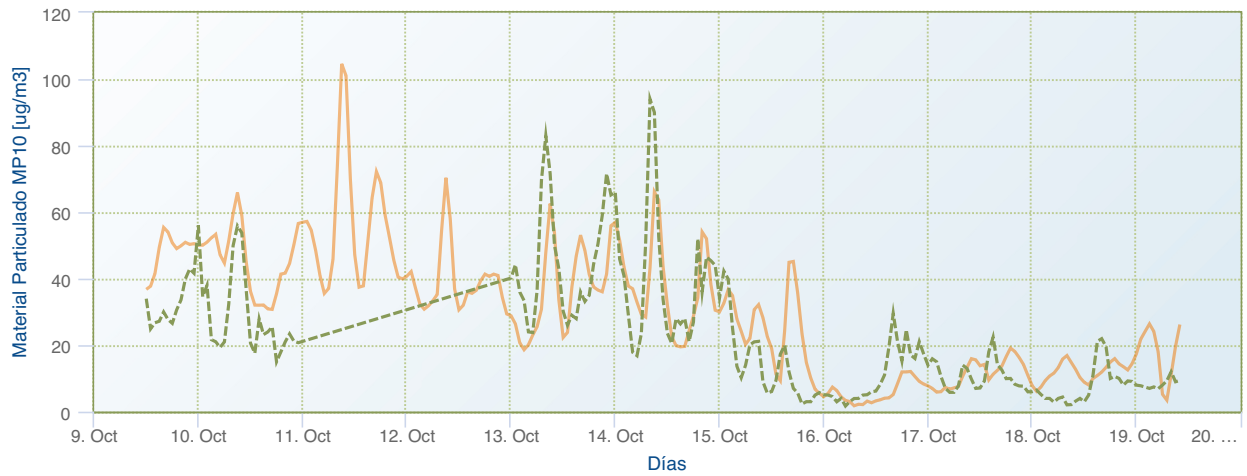
### Serie Horaria (1-7)

Observaciones/Pronóstico MOS



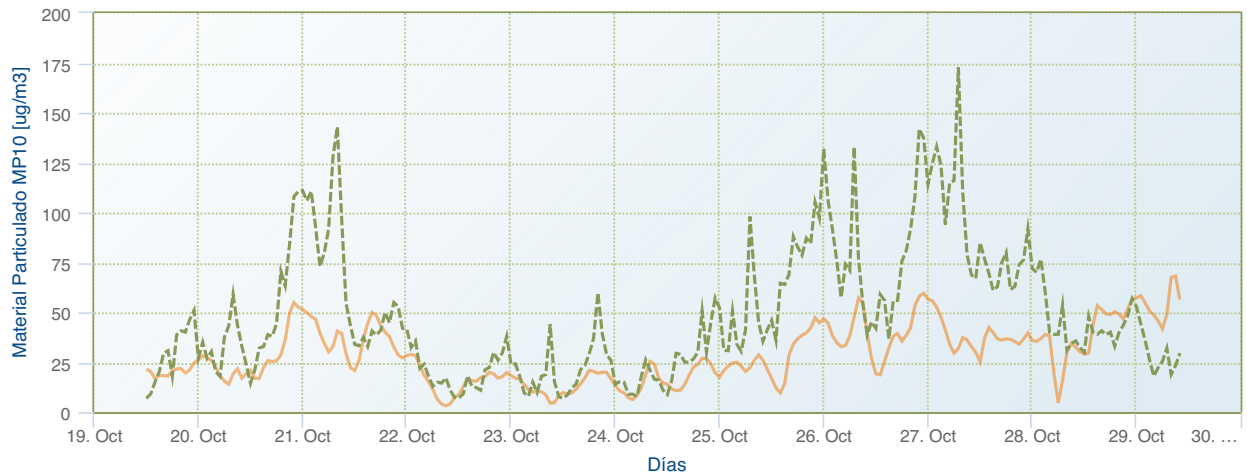
### Serie Horaria (2-7)

Observaciones/Pronóstico MOS



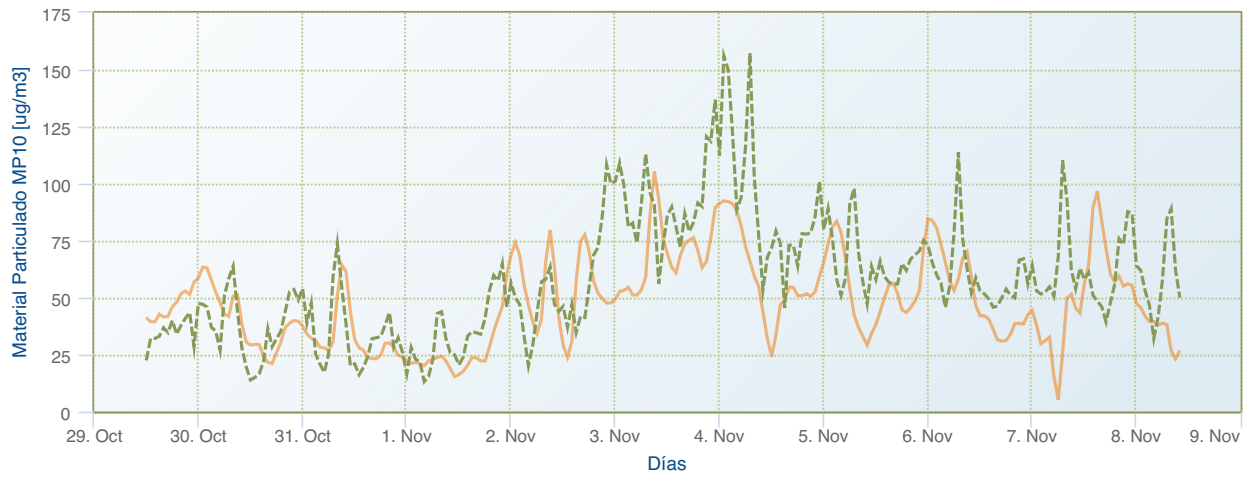
### Serie Horaria (3-7)

Observaciones/Pronóstico MOS



### Serie Horaria (4-7)

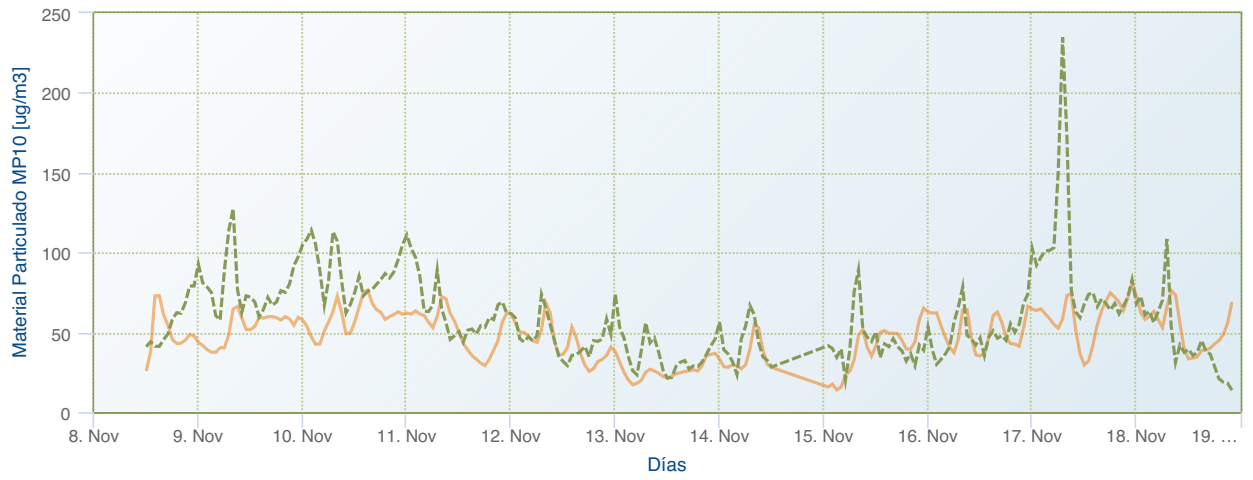
Observaciones/Pronóstico MOS



— Observaciones    - - - Pronóstico MOS

### Serie Horaria (5-7)

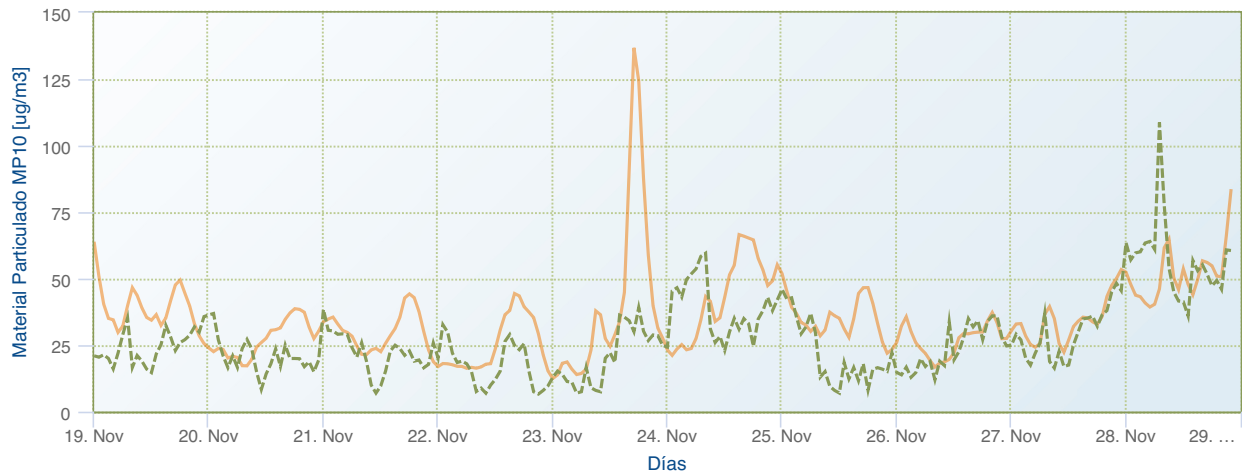
Observaciones/Pronóstico MOS



— Observaciones    - - - Pronóstico MOS

### Serie Horaria (6-7)

Observaciones/Pronóstico MOS



### Serie Horaria (7-7)

Observaciones/Pronóstico MOS

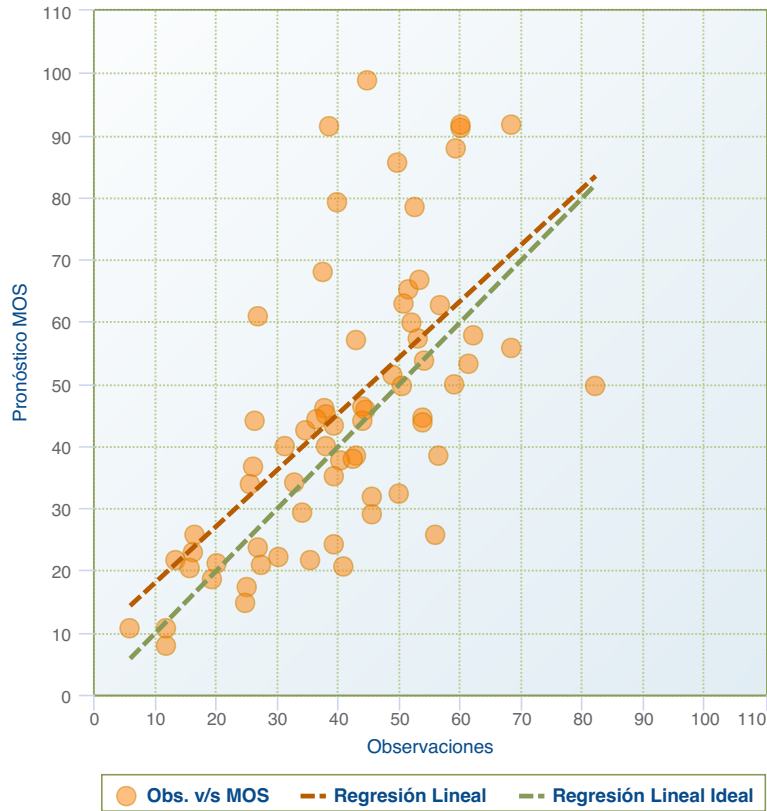


#### 2.1.2.2. Diagrama de Dispersión Promedios Diarios

La siguiente figura muestra un diagrama de dispersión entre los datos de la serie de promedios diarios observada en contraste con los datos de la serie de promedios diarios del pronóstico MOS para la variable "Material Particulado MP10" de la estación Andacollo durante el periodo 07 de septiembre de 2016 - 07 de diciembre de 2016. Se indica además la regresión lineal real, es decir, la tendencia de los datos observados versus los datos de pronóstico, además de la regresión lineal ideal, es decir, la tendencia esperada que indica el mejor ajuste de ambos sets de datos.

### Diagrama de dispersión

Observaciones v/s Pronóstico MOS



#### 2.1.2.3. Tabla de Estadística Promedios Diarios

La siguiente tabla muestra el resumen de la estadística de las series de promedios diarios observadas en contraste con las series de promedios diarios del pronóstico MOS para la variable "Material Particulado MP10" de la estación Andacollo durante el periodo 07 de septiembre de 2016 - 07 de diciembre de 2016.

**Tabla de Estadística**

Observaciones v/s Pronóstico MOS

Estadística	Observaciones v/s Pronóstico MOS	
	Observaciones	Pronóstico MOS
Promedio	40.91	45.11
Desviación Estándar	15.47	22.31
Máximo	82.07	98.76
Mínimo	5.81	7.79
Desviación Estándar del Error		17.08
Sesgo		-4.2
Coefficiente de Correlación		0.65
Pendiente		0.93

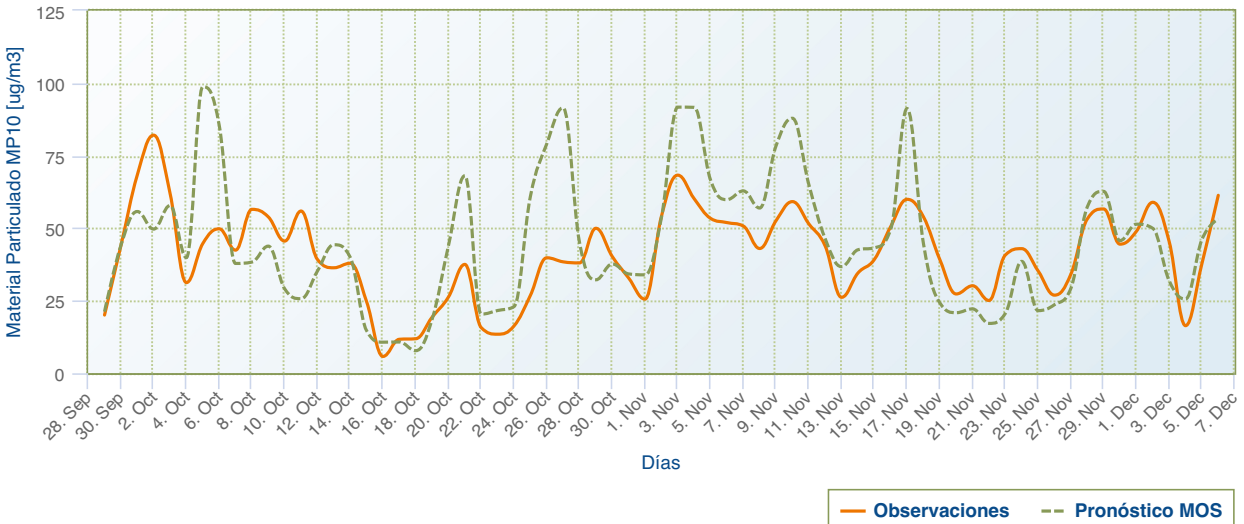
#### 2.1.2.4. Promedios diarios

La siguiente figura muestra la serie de promedios diarios observada en contraste con la serie de promedios diarios del pronóstico MOS para la variable "Material Particulado MP10" de la estación Andacollo durante el periodo 07 de septiembre de 2016 - 07 de diciembre de 2016.



**Promedios Diarios**

Observaciones/Pronóstico MOS



**2.1.2.5. Tabla de contingencia**

La siguiente tabla de contingencia muestra los aciertos y desaciertos del pronóstico MOS respecto de las observaciones en términos de promedios diarios para la variable "Material Particulado MP10" de la estación Andacollo durante el periodo 07 de septiembre de 2016 - 07 de diciembre de 2016. Se indica el porcentaje de episodios bien pronosticados (derecha) y el porcentaje de acierto de episodios pronosticados (abajo). Los tipos de eventos se especifican a continuación:

- Bueno/Regular : menor a 195 ug/m3
- Alerta : entre 195 y 240 ug/m3
- Preemergencia : entre 240 y 330 ug/m3
- Emergencia : mayor a 330 ug/m3

**Tabla de contingencia**

Pronóstico MOS v/s Observaciones

<b>Observaciones</b>	<b>Bueno/Regular</b>	69	0	0	0	100%
	<b>Alerta</b>	0	0	0	0	0%
	<b>Preemergencia</b>	0	0	0	0	0%
	<b>Emergencia</b>	0	0	0	0	0%
	<b>Porcentaje</b>	100%	0%	0%	0%	
		<b>Bueno/Regular</b>	<b>Alerta</b>	<b>Preemergencia</b>	<b>Emergencia</b>	<b>Porcentaje</b>
		<b>Pronóstico MOS</b>				