
DEFENSA DEL PROYECTO DE TÍTULO:

“EVALUACIÓN DE UN MODELO DE PREDICCIÓN PARA ESTIMAR LAS HORAS DE CIERRE DE LA BAHÍA DE PUERTO CHACABUCO”

AUTORA: MICHELLE GALLARDO SYRIANI

PROFESOR GUÍA: FELIPE CASELLI BENAVENTE

CARRERA: INGENIERÍA CIVIL OCEÁNICA





INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN



Ruta Marítima



Ruta Terrestre



Ruta Aérea

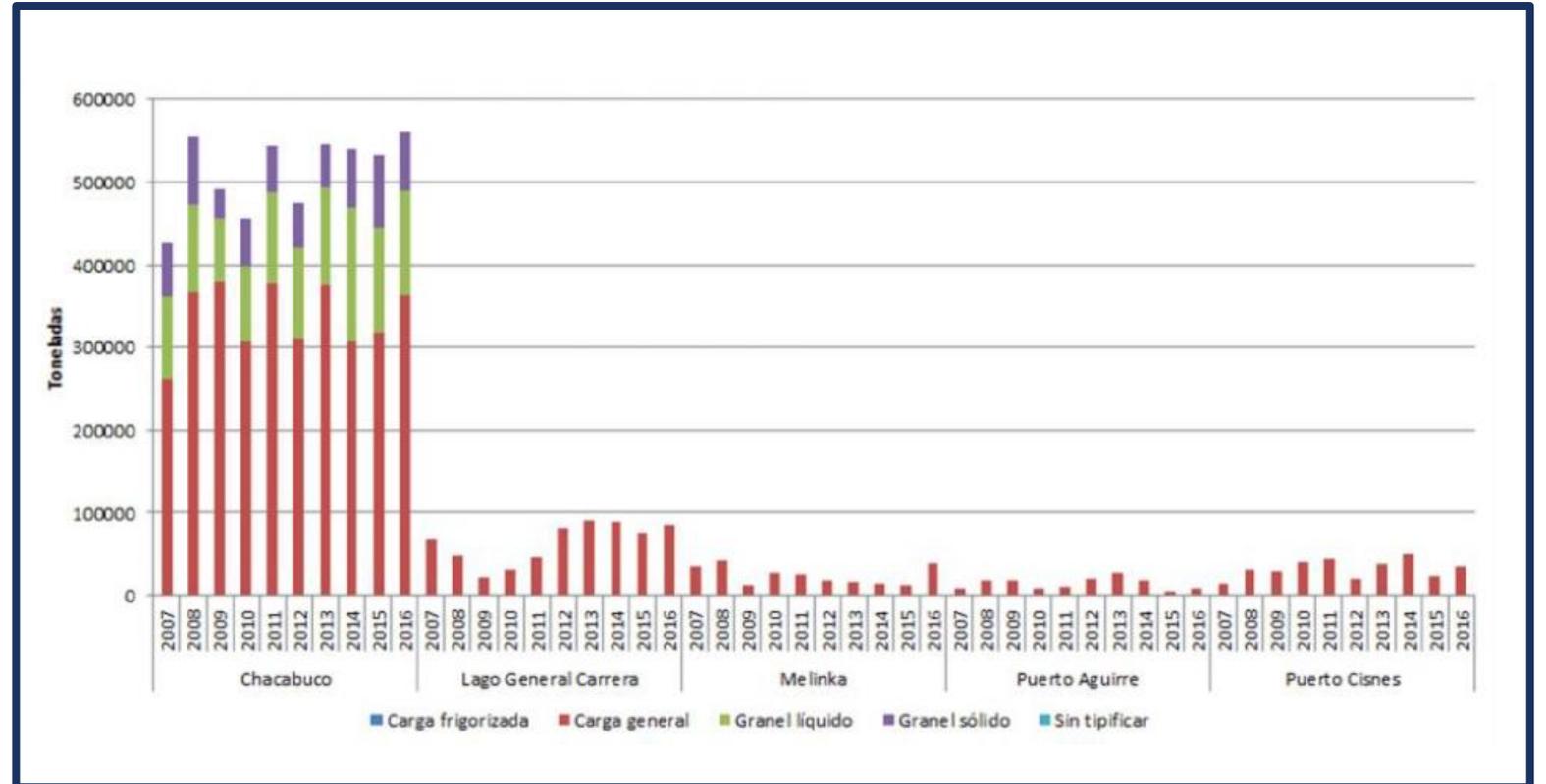
INTRODUCCIÓN



Puerto Chacabuco se ubica en una zona abrigada favoreciendo la operación de embarcaciones y el proceso de transferencia de carga y pasajeros, sin embargo, se caracteriza por su alta pluviosidad y fuertes vientos.

INTRODUCCIÓN

Puerto Chacabuco es considerado el puerto más importante de la región de Aysén, ya que cubre la necesidad de conectividad marítima de pasajeros y facilita el intercambio comercial de sectores económicos como: pesca, acuicultura, minería, industrial, forestal, agrario, turístico, entre otros.



INTRODUCCIÓN



La Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante de la Armada de Chile es el organismo encargado de velar por la seguridad de las personas en las rutas de navegación, naves, puertos que se encuentran dentro del área jurisdiccional de la Autoridad Marítima, por ello, a través de las capitanías de puerto, verifican constantemente las condiciones meteorológicas de las distintas zonas navales y establecen el estado de los puertos o su situación marítima portuaria.

INTRODUCCIÓN

Debido a la gran importancia que tiene la bahía de Puerto Chacabuco para la región de Aysén, fue necesario realizar este estudio, que permitió estimar las horas de cierre de la bahía, con el fin de facilitar la toma de decisiones al momento de planificar las actividades del puerto a partir de las restricciones operacionales generadas por mal tiempo.



The image features a dark gray background with two horizontal light gray bars at the top and bottom. A thin blue vertical line is positioned to the left of the word 'OBJETIVOS'.

OBJETIVOS

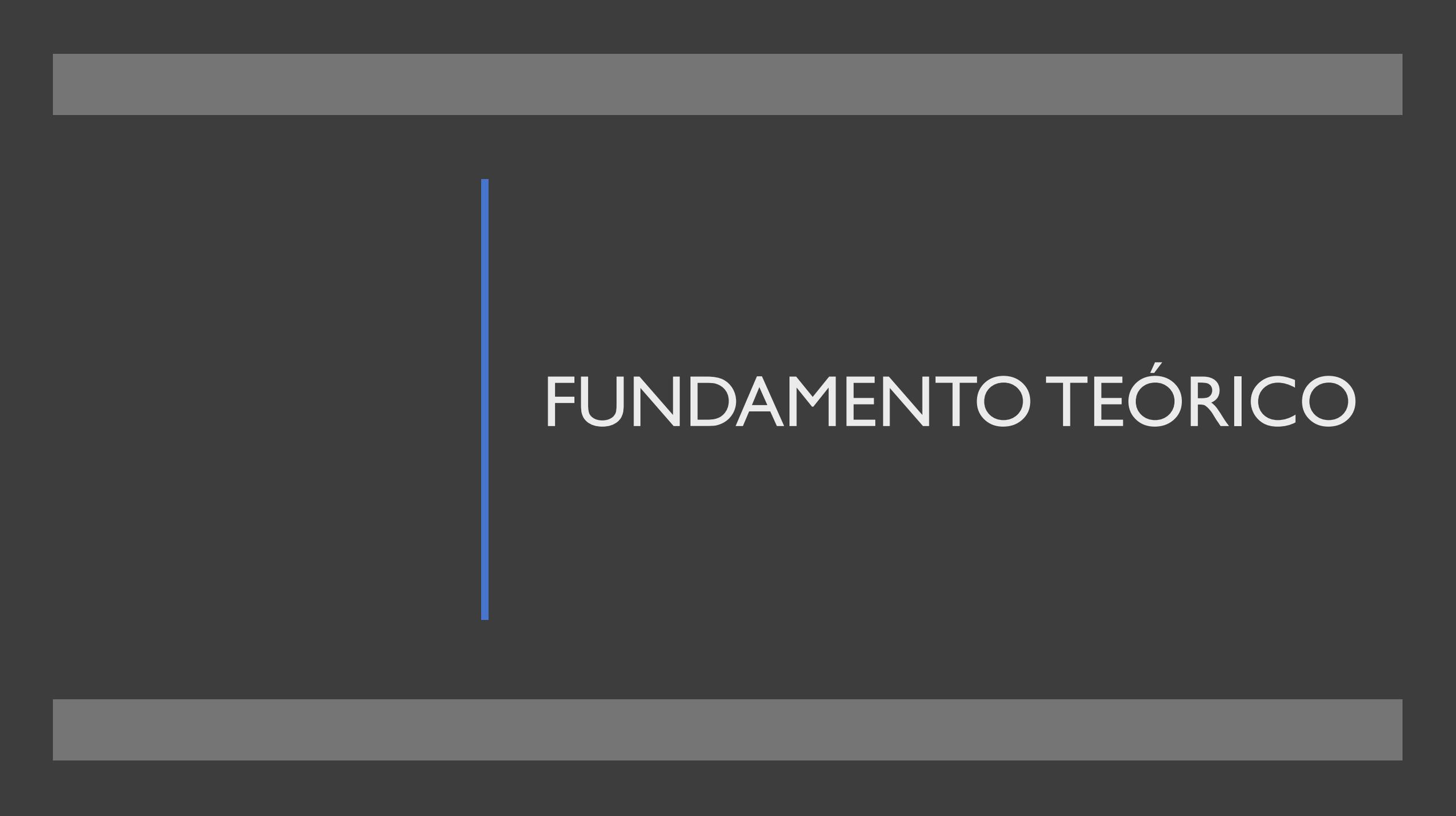
OBJETIVOS

Objetivo general:

- Predecir las horas mensuales de cierre de la bahía de Puerto Chacabuco mediante un análisis de series temporales.

Objetivos secundarios:

- Realizar un análisis de estadística descriptiva del cierre de puertos en la bahía de Puerto Chacabuco.
- Construir un modelo de series temporales que se ajuste de forma adecuada al conjunto de datos.
- Utilizar el modelo construido para realizar una predicción de horas de cierre de la bahía de Puerto Chacabuco.

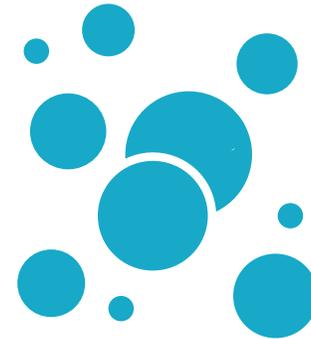


FUNDAMENTO TEÓRICO

FUNDAMENTO TEÓRICO: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA



Medidas de centralización



Medidas de dispersión

FUNDAMENTO
TEÓRICO:
ESTACIONARIEDAD



MEDIA

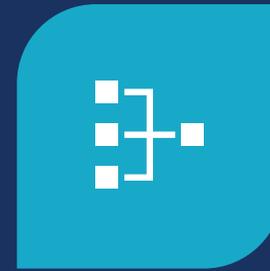


VARIANZA

FUNDAMENTO
TEÓRICO:
TRANSFORMACIONES



DIFERENCIACIONES



MEDIAS MÓVILES



SUAVIZADOS



Descomposición
de la serie



Promedios
móviles



Exponencial
simple



Lineal de Holt



Estacional de
Winters



ARIMA

FUNDAMENTO TEÓRICO: MODELOS DE SERIES TEMPORALES

FUNDAMENTO TEÓRICO: MEDIDAS DE BONDAD DE AJUSTE



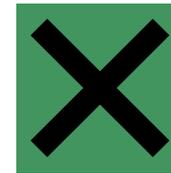
R cuadrado



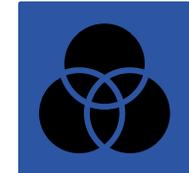
R cuadrado
estacionaria



RMSE



MAE



BIC



METODOLOGÍA

1

Abierto -
Condiciones
Normales

2

Cerrado para
Movimiento de
Naves Mayores

3

Cerrado para
Naves Menores
Fuera de la bahía

4

Cerrado para
Naves Menores
Fuera y Dentro de
la bahía

5

Paralización de
Actividad

METODOLOGÍA

METODOLOGÍA



Análisis estadístico



Construcción del modelo



Predicción

METODOLOGÍA: ANÁLISIS ESTADÍSTICO



Cálculo de
parámetros
estadísticos



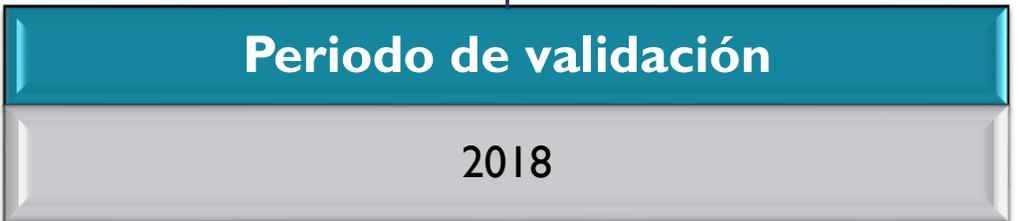
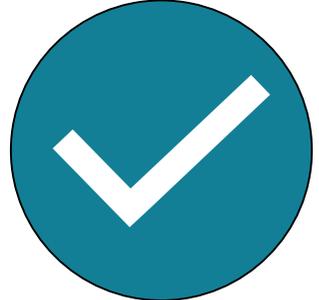
Media, mediana, moda
Rango, desviación
estándar, varianza



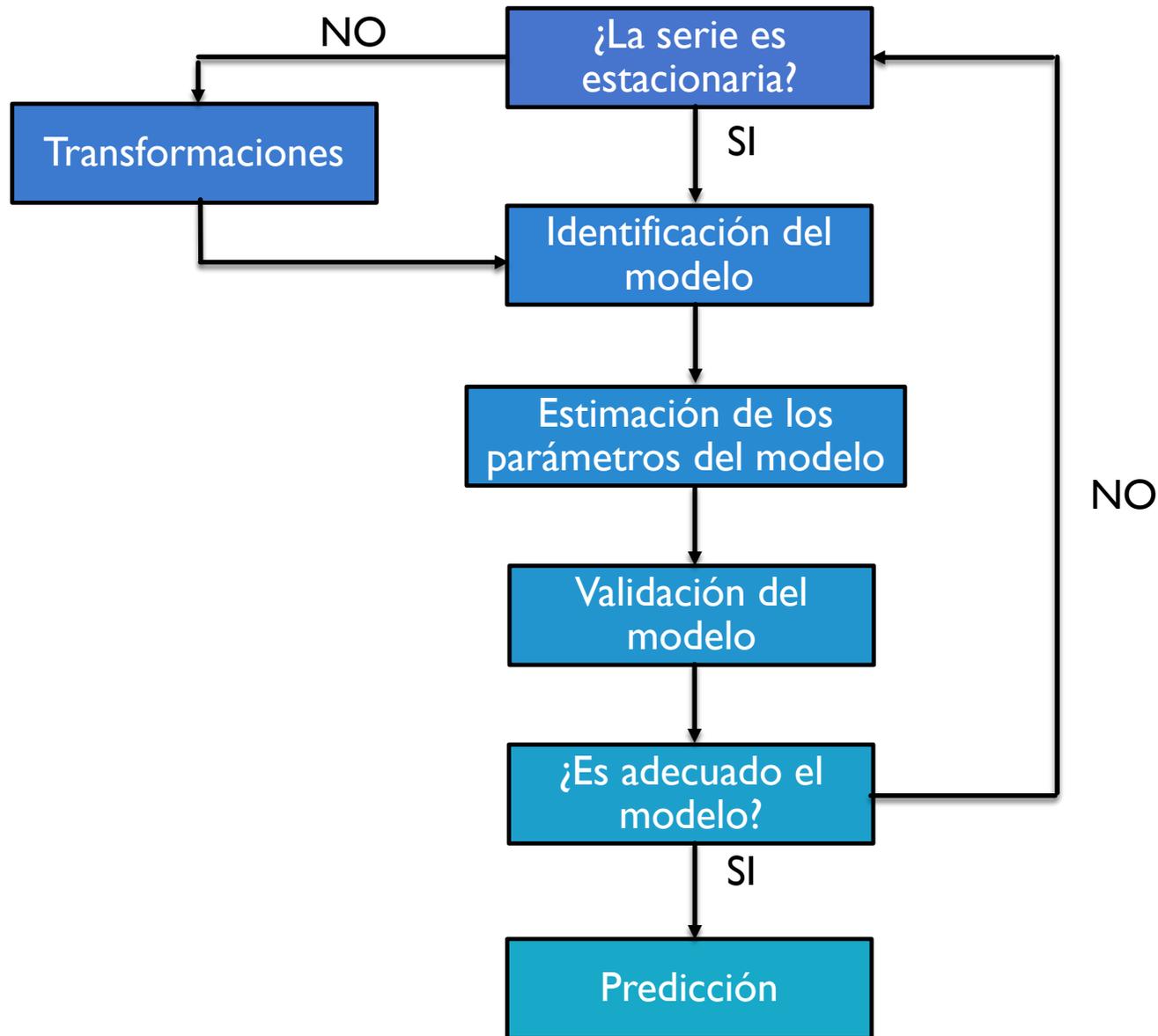
Organización
mediante tablas
y gráficos



Distribución
mensual y anual
de horas



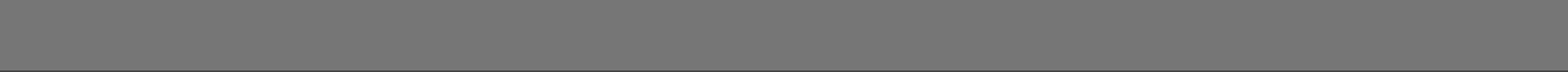
METODOLOGÍA: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO



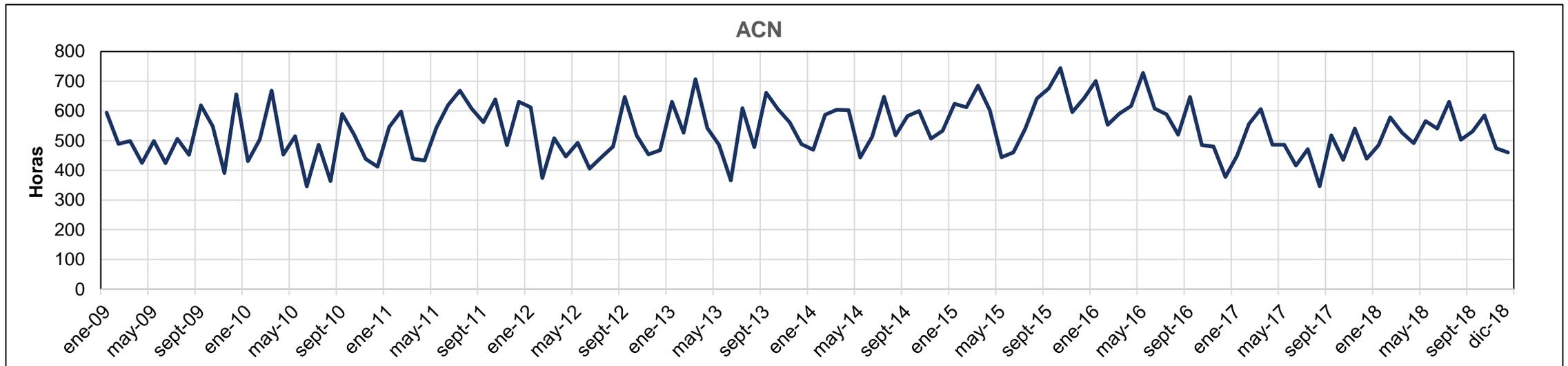
METODOLOGÍA: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO Y PREDICCIÓN



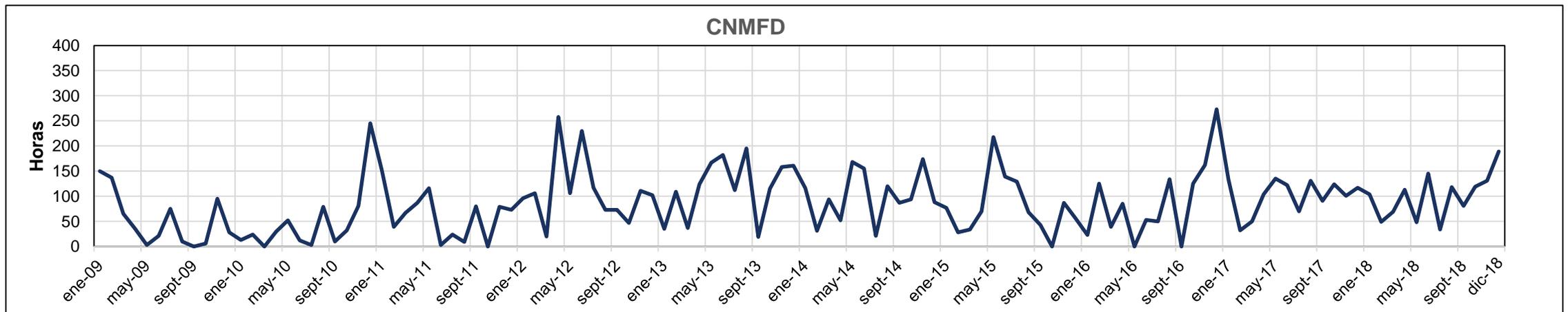
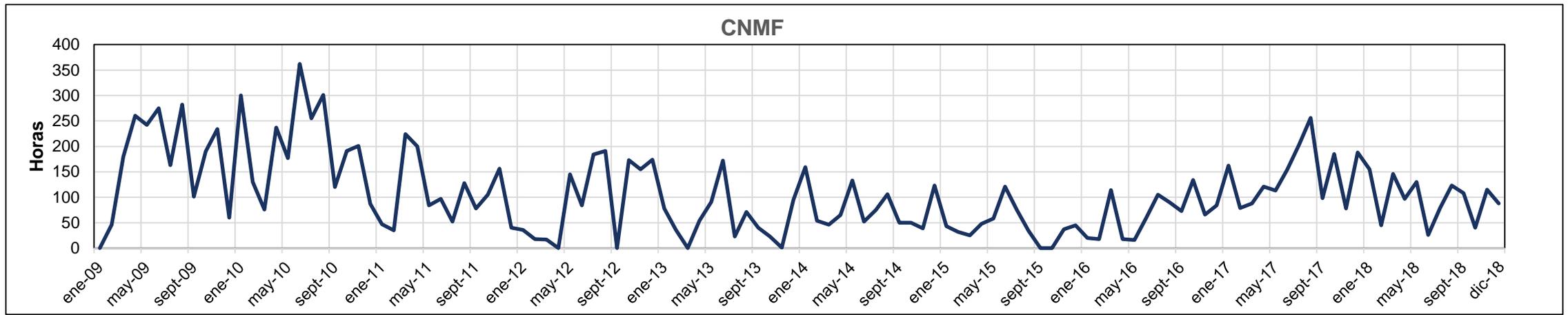
RESULTADOS: ANÁLISIS ESTADÍSTICO



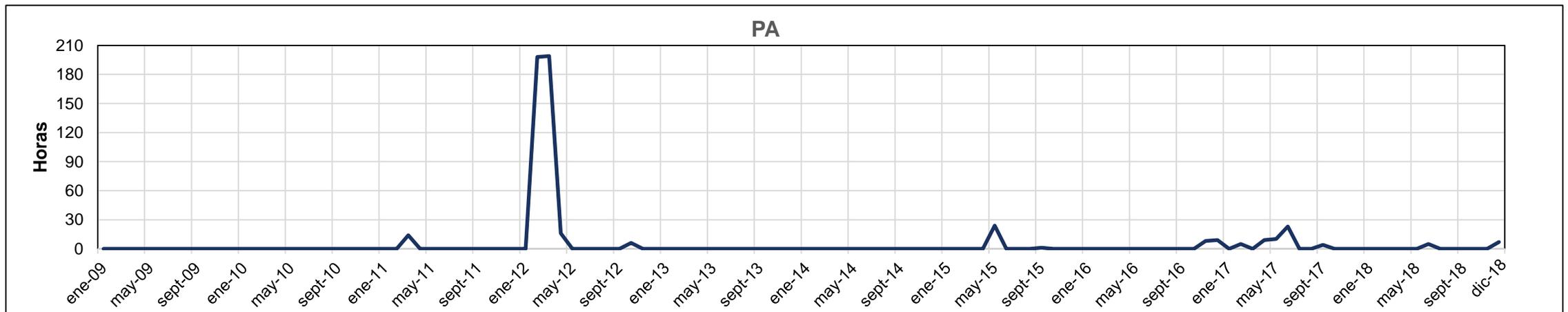
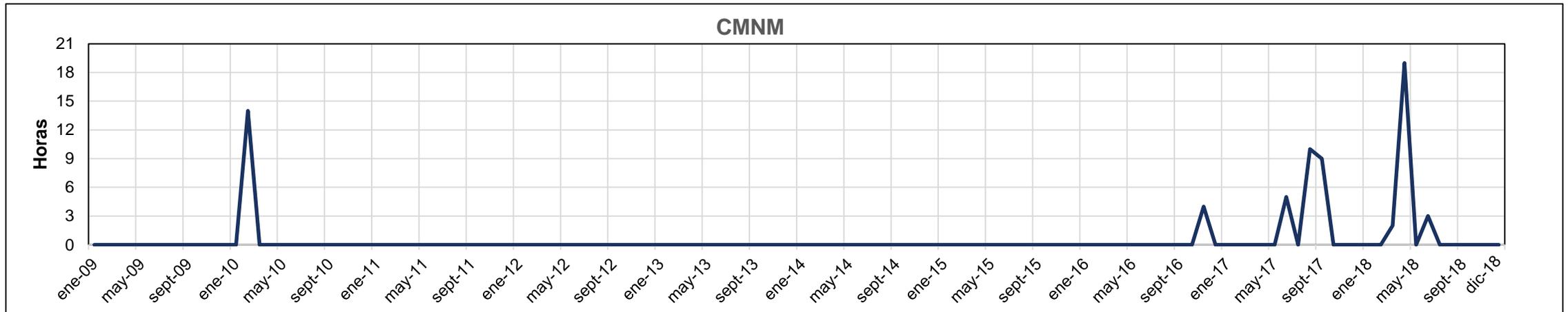
RESULTADOS: ANÁLISIS ESTADÍSTICO



RESULTADOS: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

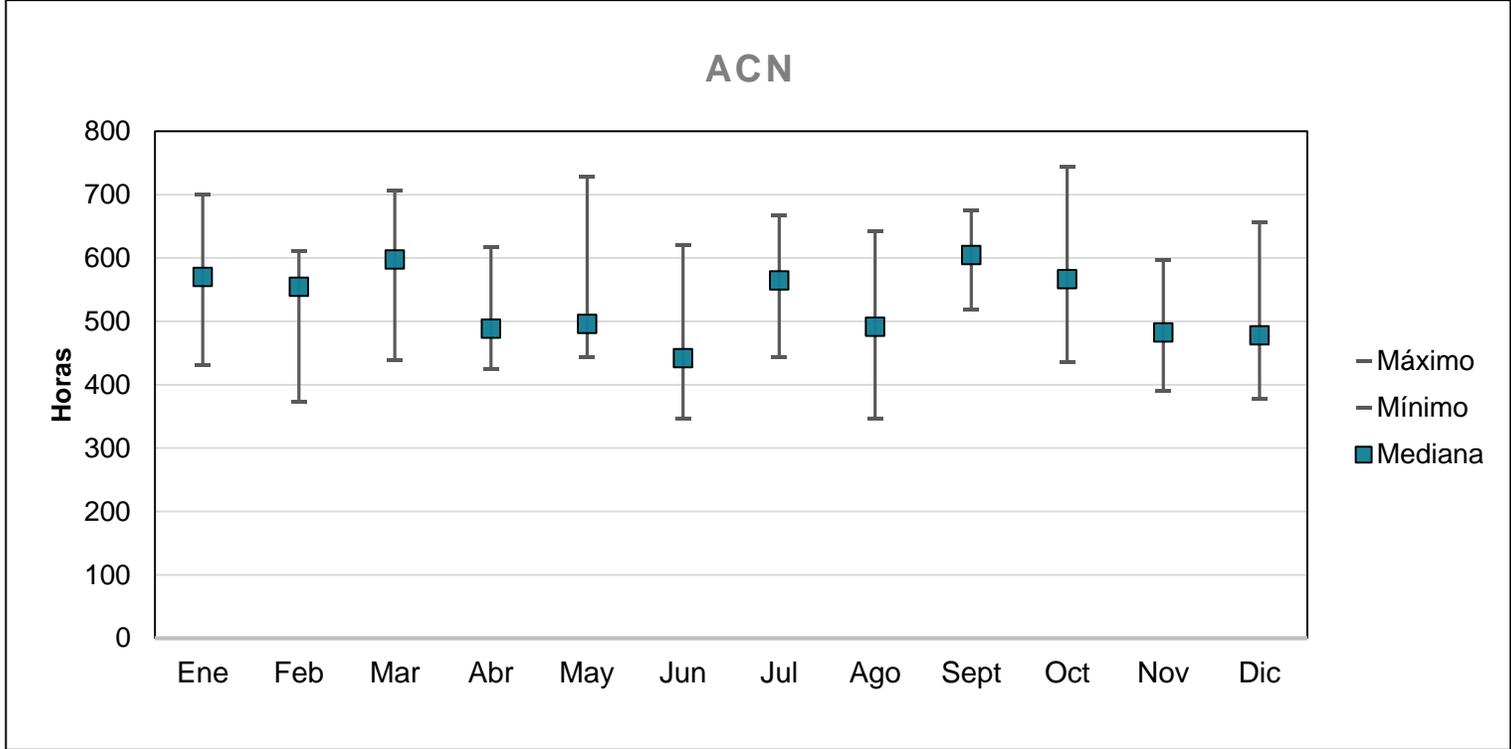


RESULTADOS: SEPARACIÓN DE LAS SERIES



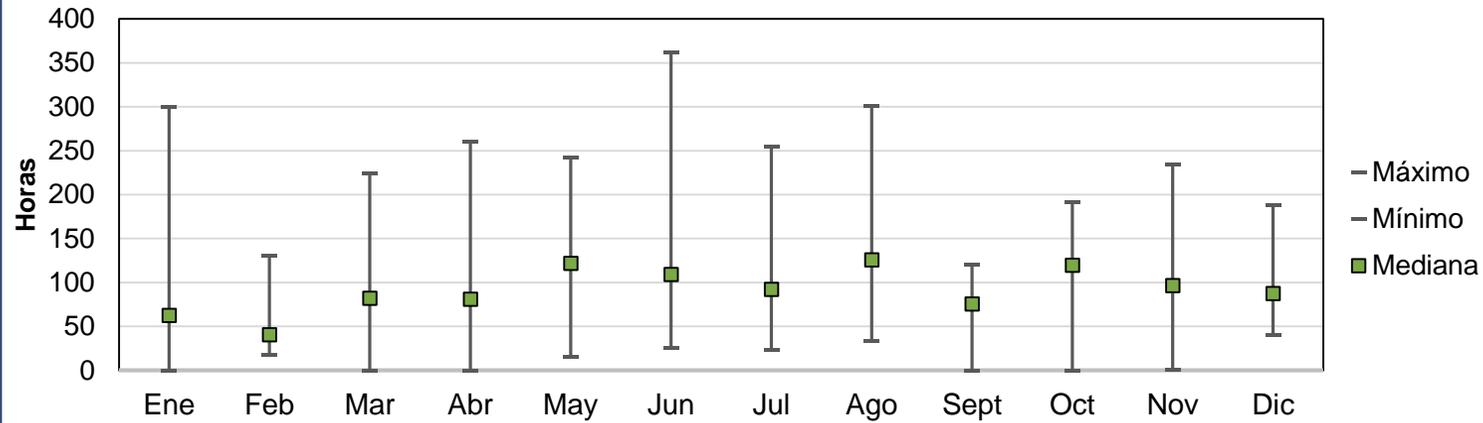
RESULTADOS: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Estado	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Moda	Desv. Estándar	Varianza
ACN	398	346	744	533,4	524	486	88,2	7777,8
CMNM	19	0	19	0,6	0	0	2,5	6,4
CNMF	362	0	362	106,0	88	0	77,7	6035,4
CNMFD	273	0	273	86,0	81	0	60,3	3636,3
PA	199	0	199	4,5	0	0	25,7	659,1

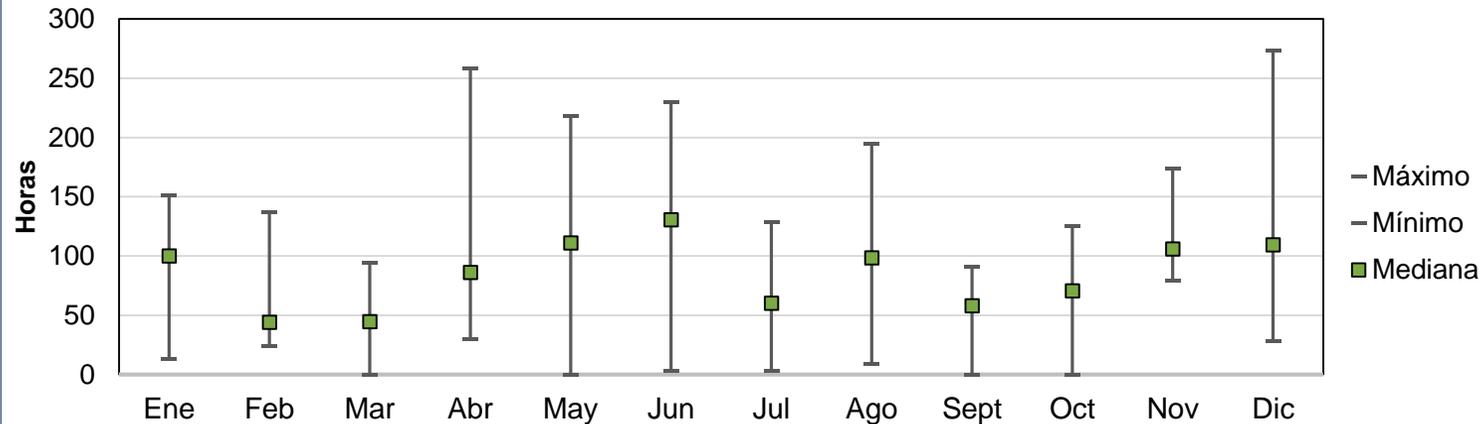


RESULTADOS: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

CNMF

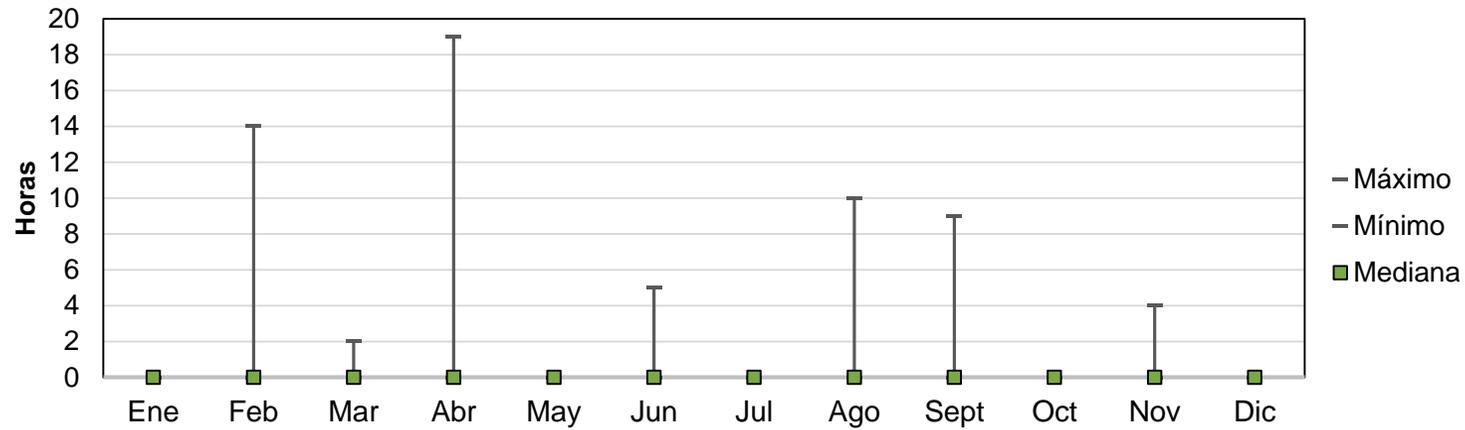


CNMFD

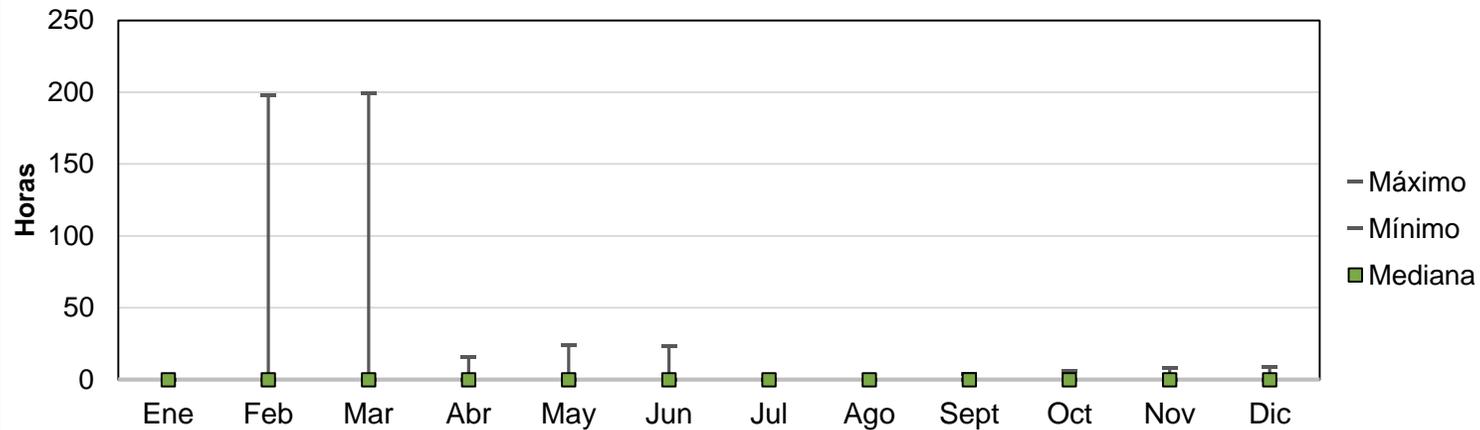


RESULTADOS: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

CMNM



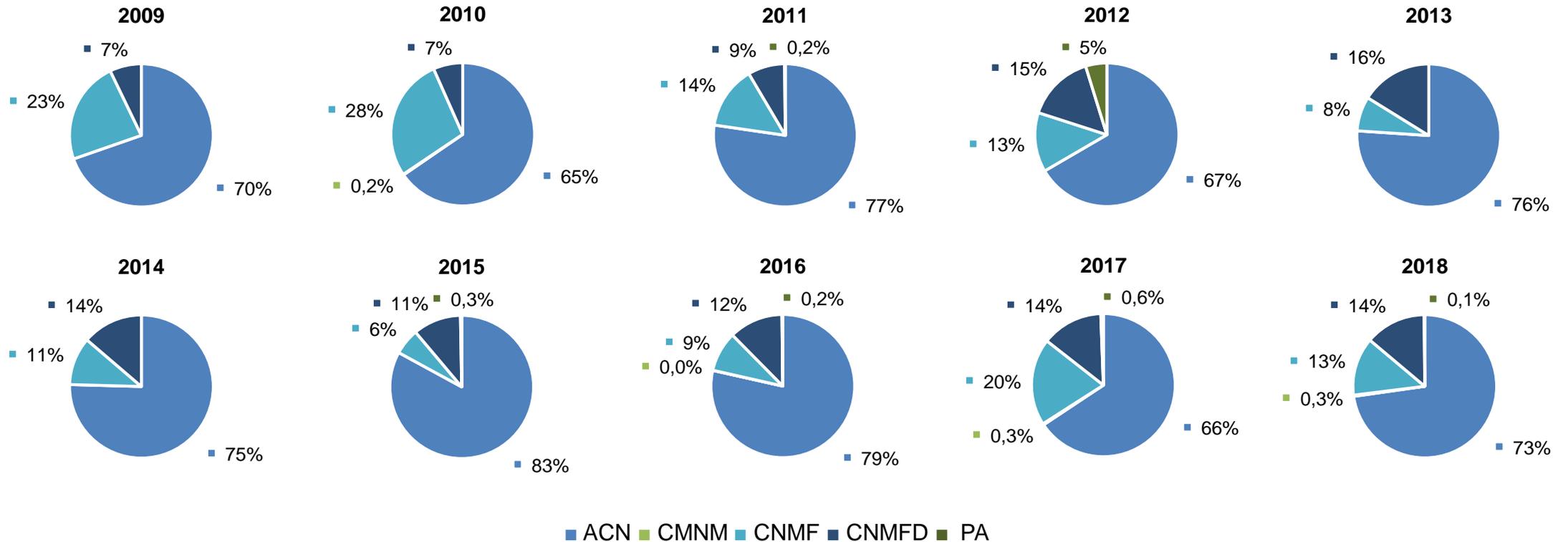
PA



RESULTADOS: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

RESULTADOS: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Proporción de horas anuales





RESULTADOS: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

RESULTADOS: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

Medidas de bondad de ajuste para ACN

ACN	Suavizado exponencial	ARIMA		
	Estacional simple	(1,1,1) (0,1,1)	(1,1,2) (0,1,1)	(1,2,1) (0,1,1)
R cuadrado estacionaria	0,62	0,90	0,93	0,74
R cuadrado	0,88	0,97	0,98	0,97
RMSE	18,64	9,60	8,33	10,44
MAE	13,98	7,03	5,78	7,97
BIC normalizado	5,93	4,70	4,46	4,87

RESULTADOS: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

Medidas de bondad de ajuste para CNMF

CNMF	Suavizado exponencial	ARIMA		
	Estacional simple	(1,1,1) (1,1,0)	(1,0,1) (1,1,0)	(2,0,1) (1,1,0)
R cuadrado estacionaria	0,64	0,76	0,91	0,92
R cuadrado	0,91	0,95	0,88	0,89
RMSE	18,77	12,77	20,07	19,17
MAE	13,37	7,67	10,38	8,27
BIC normalizado	5,95	5,27	6,17	6,12

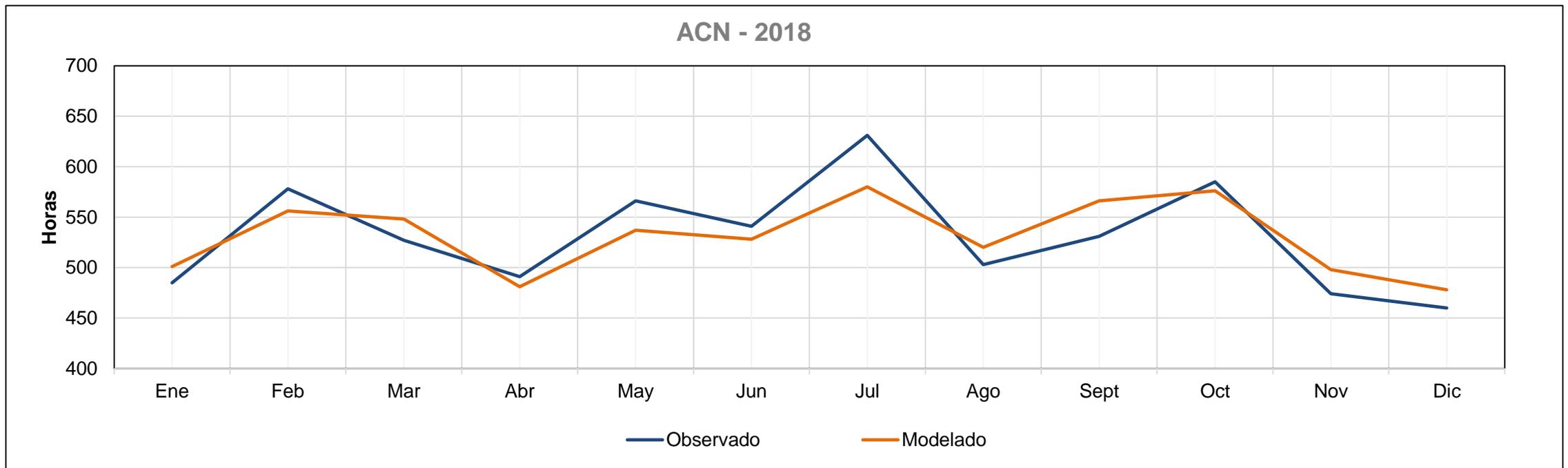
RESULTADOS: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

Medidas de bondad de ajuste para CNMFD

CNMFD	Suavizado exponencial	ARIMA		
	Estacional simple	(1,0,1) (1,0,1)	(1,0,1) (2,0,1)	(1,0,1) (1,0,2)
R cuadrado estacionaria	0,54	0,95	0,95	0,95
R cuadrado	0,89	0,95	0,95	0,95
RMSE	13,64	9,80	9,77	9,34
MAE	10,58	6,53	6,37	6,07
BIC normalizado	5,31	4,76	4,80	4,71

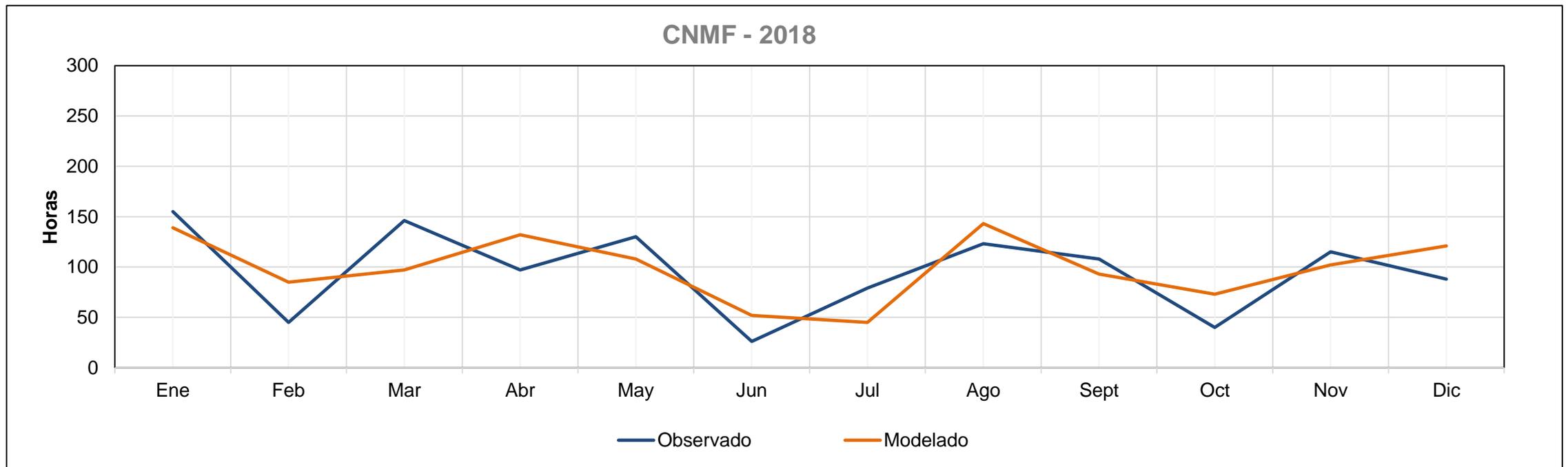
RESULTADOS: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

Comportamiento del modelo para ACN 2018



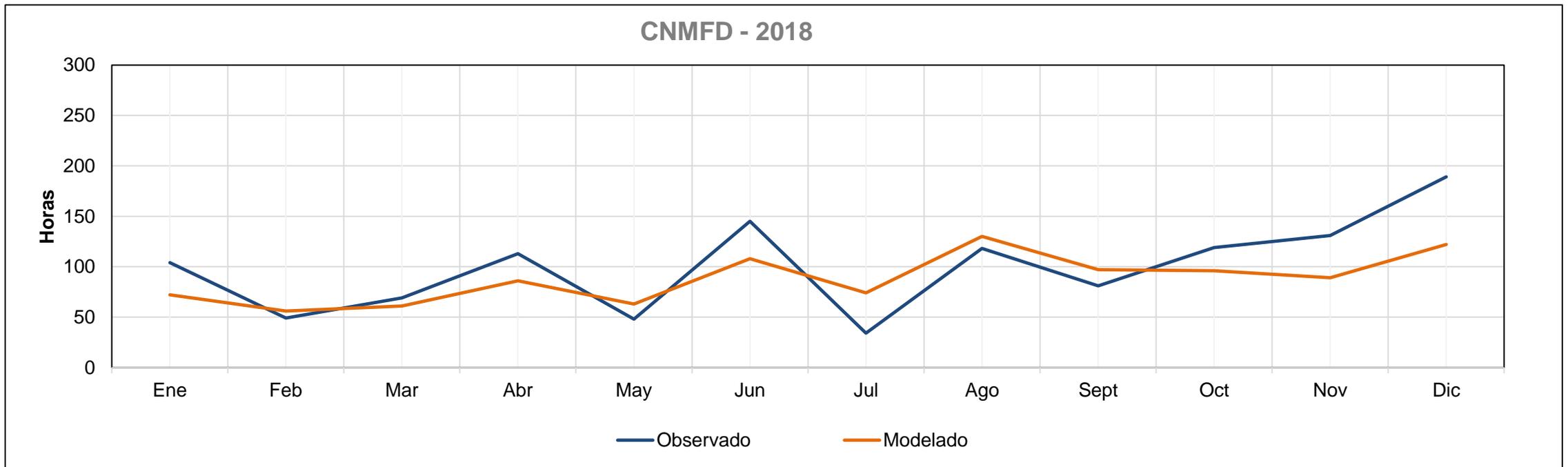
RESULTADOS: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

Comportamiento del modelo para CNMF 2018



RESULTADOS: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

Comportamiento del modelo para CNMFD 2018

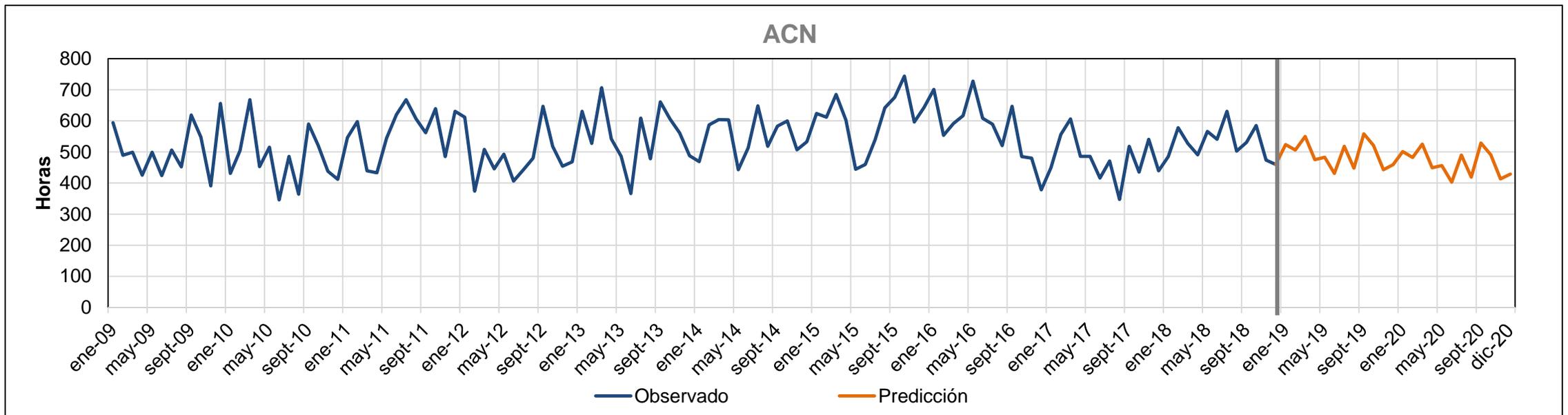




RESULTADOS:
PREDICCIÓN

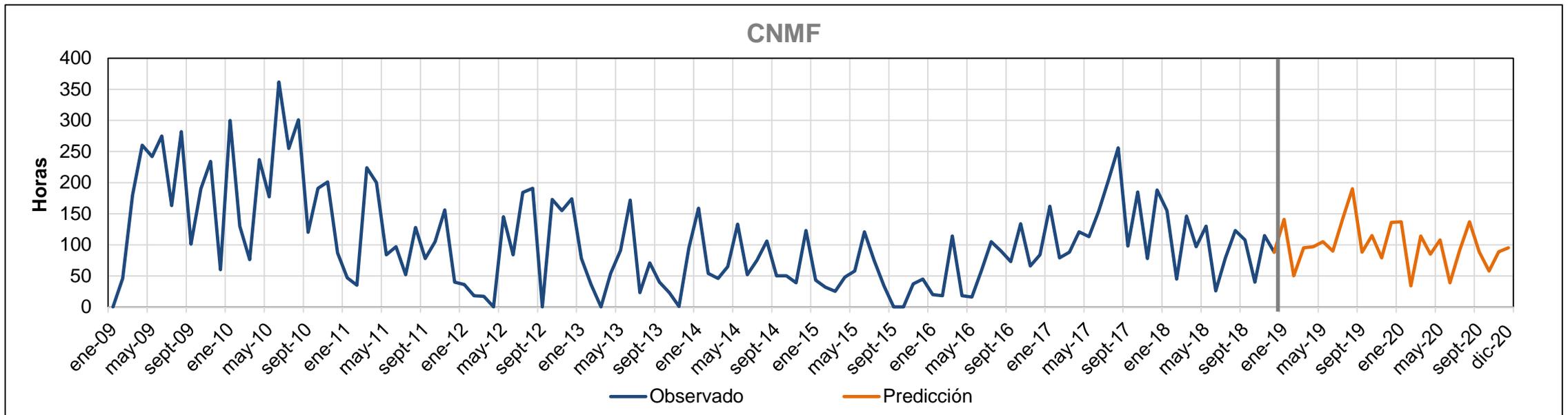
RESULTADOS: PREDICCIÓN

Predicción serie ACN 2019 – 2020



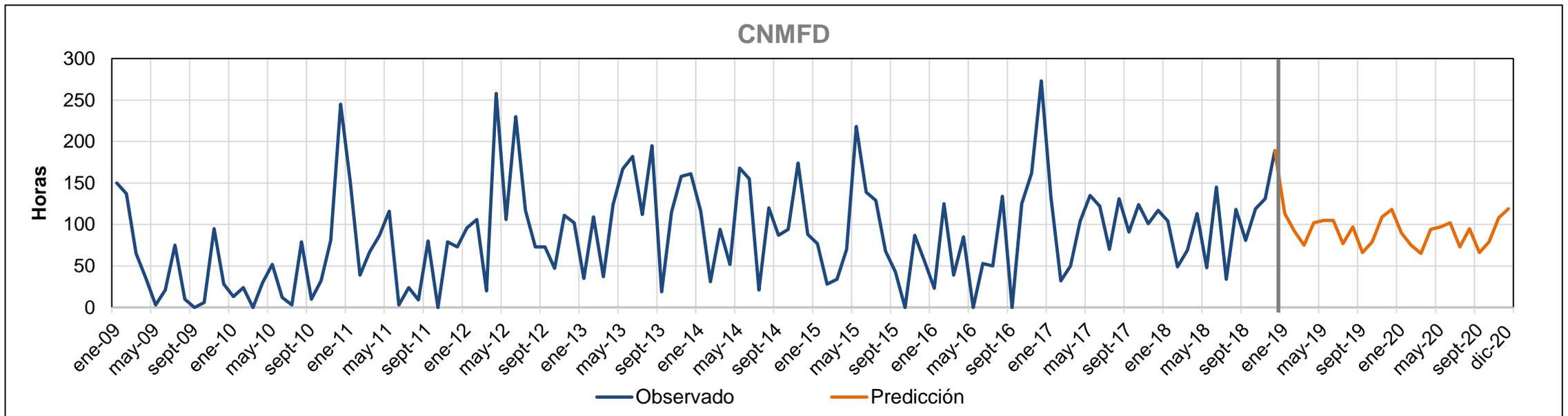
RESULTADOS: PREDICCIÓN

Predicción serie CNMF 2019 – 2020



RESULTADOS: PREDICCIÓN

Predicción serie CNMFD 2019 – 2020





CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- Puerto Chacabuco constituye uno de los pilares fundamentales para el desarrollo de la región de Aysén ya que actúa como una puerta de entrada que permite conectar a las localidades situadas en la zona insular de la región con el resto del país a través de los terminales de Puerto Montt y Punta Arenas.
- En este estudio se llevó a cabo un análisis estadístico para las distintas situaciones marítimas portuarias que se dan en la bahía de Puerto Chacabuco. De este análisis se obtiene que el 73% del tiempo el puerto se encuentra en la situación Abierto – Condiciones normales (ACN), un 26% del tiempo el puerto se encuentra cerrado para naves menores (CNMF y CNMFD) y menos del 1% del tiempo el puerto se encuentra Cerrado para movimiento de naves mayores o en paralización de actividad. Según el Estudio Nacional de Desarrollo Portuario (Subsecretaría de Transportes, 2013), Puerto Chacabuco atiende mayoritariamente naves menores, por lo que una predicción de las horas de cierre, principalmente para naves menores será de gran utilidad al momento de planificar las actividades en el puerto.
- Respecto a la paralización de actividad (PA) y al cierre para movimiento de naves mayores (CMNM), se observó que estas series presentaron valores muy bajos y en la gran mayoría de los casos, valores iguales a cero, en base a esto, se infiere que hay una baja ocurrencia de eventos climáticos mayores en la zona, que obliguen a paralizar las actividades o impidan el movimiento de naves mayores en la bahía de Puerto Chacabuco.

CONCLUSIONES

- Al analizar el comportamiento de las predicciones para el año 2019 se puede concluir que el puerto estará cerrado para naves menores fuera de la bahía (CNMF) durante un total de 1.327 horas, que equivalen a 55 días del año, es decir que el puerto estará cerrado 2 meses aproximadamente. Además, estará cerrado para naves menores dentro y fuera de la bahía (CNMFD) durante un total de 1.138 horas, que equivalen a 47 días del año, es decir que el puerto estará cerrado cerca de 1,5 meses. Esto quiere decir que, en total, durante el año 2019, el puerto estará cerrado para naves menores durante 3,5 meses aproximadamente.
- De las predicciones para el año 2020 se concluye que el puerto estará cerrado para naves menores fuera de la bahía (CNMF) durante un total de 1.076 horas, que equivalen a 45 días del año, es decir que el puerto estará cerrado 1,5 meses aproximadamente. Además, estará cerrado para naves menores dentro y fuera de la bahía (CNMFD) durante un total de 1.063 horas, equivalentes a 44 días del año, es decir que el puerto estará cerrado cerca de 1,5 meses. Esto quiere decir que, en total, para el año 2020, se pronostica el cierre para naves menores durante 3 meses aproximadamente.
- Por otro lado, el comportamiento mensual de la predicción para naves menores fuera de la bahía indica que los meses de febrero 2019, febrero, junio y octubre 2020 serán los meses en los que se presentará la menor cantidad de horas de cierre, con un promedio de 45 horas mensuales, lo que equivale a 2 días de cierre por mes aproximadamente. A su vez, el comportamiento mensual de la predicción para naves menores fuera y dentro de la bahía indica que los meses de marzo, julio y septiembre, tanto para el 2019 como para el 2020, en los que se presentará la menor cantidad de horas de cierre, con un promedio de 72 horas mensuales, equivalentes a 3 días de cierre por mes por lo que se recomienda planificar las actividades más importantes durante esos meses.

CONCLUSIONES

- Por otro lado, el comportamiento mensual de la predicción para naves menores fuera de la bahía indica que los meses de enero, julio, agosto y diciembre del 2019 y enero y agosto del 2020 serán los meses en los que se presentará la mayor cantidad de horas de cierre, con un promedio de 147 horas mensuales, lo que equivale a 6 días de cierre por mes aproximadamente. A su vez, el comportamiento mensual de la predicción para naves menores fuera y dentro de la bahía indica que los meses de enero, noviembre y diciembre del 2019 y noviembre y diciembre del 2020, en los que se presentará la mayor cantidad de horas de cierre, con un promedio de 113 horas mensuales, equivalentes a 5 días de cierre por mes aproximadamente, por lo que se recomienda planificar las actividades menos importantes y/o urgentes durante esos meses.
- En términos generales, los modelos ARIMA presentaron un mejor ajuste que los demás modelos utilizados. Los modelos ARIMA, a diferencia de otros modelos, no solo utilizan valores históricos para pronosticar los valores futuros, también consideran los errores históricos dentro del cálculo del pronóstico, se infiere que esto podría generar una ventaja en términos de precisión. También es importante mencionar que los modelos ARIMA tienen una mayor influencia de los valores históricos inmediatamente anteriores al periodo de predicción, por lo que es natural que la predicción se asemeje más a los años cercanos al 2019 y no se asemeje tanto a los años cercanos al 2009.
- Finalmente se concluye que es posible predecir las horas de cierre de una bahía mediante el análisis de series de temporales, siempre que se cuente con la información histórica necesaria y un ingeniero civil oceánico está capacitado para realizar este tipo de estudios.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Box, G., Jenkins, G., & Reinsel, G. (2016). Time series analysis, forecasting and control. Fifth edition. Wiley.
- Chan, H. K., Xu, S., & Qi, X. (2019). A comparison of time series methods for forecasting container throughput. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 22:3, pp 294-303.
- Delicado, P., & Justel, A. (1999). Forecasting with Missing Data: Application to Coastal Wave Heights. *Journal of forecasting*, 18, pp. 285-298.
- Emporcha. (2017). Plan Maestro Empresa Portuaria Chacabuco. Puerto Chacabuco.
- Hanke, J., & Reitsch, A. (2006). Pronósticos en los negocios. 8va Edición. Pearson.
- IBM Corporation. (2017). Guía del usuario de IBM SPSS Statistics 25 Core System.
- Jiménez, J. F., Gázquez, J. C., & Sánchez, R. (2006). La capacidad predictiva en los métodos Box-Jenkins y Holt-Winters: una aplicación al sector turístico. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 15, núm. 3, pp. 185-198.
- Kirchgassner, G., Wolters, J., & Hassler, U. (2013). Introduction to modern time series analysis. Second edition. Berlin: Springer.
- Montes, E., Calvete, F., & Mantilla, C. (2016). Aplicación de series de tiempo en la realización de pronósticos de producción. *Revista Fuentes: El Reventón Energético*, vol. 14, núm 1, pp. 79-88.
- Pérez, C. (2005). Técnicas estadísticas con SPSS 12. Aplicaciones al análisis de datos. Madrid: Pearson.
- Ruiz, J., Turias, I., Moscoso, J., Jiménez, M., & Cerbán, M. (2017). Efficient goods inspection demand at ports: a comparative forecasting approach. *International transactions inoperational research*, pp. 1-29.
- SUBDERE. (2011). Estudio Identificación de Territorios Aislados. Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo.
- Subsecretaría de Transportes. (2013). Estudio Nacional de Desarrollo Portuario.
- Webster, A. (2004). Estadística aplicada a los negocios y la economía. 3ra Edición. Bogotá: McGraw-Hill.



**POR SU ATENCIÓN,
MUCHAS GRACIAS.**