



Memoria del proyecto para optar al Título de
Ingeniero Civil Oceánico

**PRONÓSTICO DE LAS HORAS MENSUALES EN QUE EL
SISTEMA PORTUARIO DE LA BAHÍA QUINTERO SE
ENCONTRARÁ CERRADO, MEDIANTE UN MODELO DE
SERIES DE TIEMPO**

Stefani Javiera Martinez Villarroel

Diciembre 2019

PRONÓSTICO DE LAS HORAS MENSUALES EN QUE EL SISTEMA
PORTUARIO DE LA BAHÍA QUINTERO SE ENCONTRARÁ CERRADO,
MEDIANTE UN MODELO DE SERIES DE TIEMPO

Stefani Javiera Martinez Villarroel

COMISIÓN REVISORA

NOTA

FIRMA

FELIPE CASELLI BENAVENTE

Profesor guía

SERGIO BIDART

Revisor

JAIME LEYTON

Revisor

Declaración

Este trabajo, o alguna de sus partes, no ha sido presentado anteriormente en la Universidad de Valparaíso, institución universitaria chilena o extranjera u organismo de carácter estatal, para evaluación, comercialización u otros propósitos. Salvo las referencias citadas en el texto, confirmo que el contenido intelectual de este Proyecto de Título es resultado exclusivamente de mis esfuerzos personales.

La Universidad de Valparaíso reconoce expresamente la propiedad intelectual del autor sobre esta Memoria de Titulación. Sin embargo, en caso de ser sometida a evaluación para los propósitos de obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil Oceánico, el autor renuncia a los derechos legales sobre la misma y los cede a la Universidad de Valparaíso, la que estará facultada para utilizarla con fines exclusivamente académicos.

Agradecimientos

Al finalizar esta etapa, veo en retrospectiva lo agradable y reconfortante que es haberme formado como profesional en la escuela de Ingeniería Civil Oceánica de la Universidad de Valparaíso, donde sin lugar a duda uno es más que un simple estudiante. Agradezco a mi profesor guía Felipe Caselli quién me apoyo desde un primer momento con este proyecto.

Agradezco a la DIRECTEMAR quien facilito los datos para este estudio fuese posible y a CleverIng por darme las facilidades para realizar este trabajo y confiar en mi como parte de su equipo.

Agradezco a mi madre Lucia Riva quien ha sido el pilar fundamental de mi vida y quien me ha dado su apoyo incondicional.

Agradezco también a mi familia y amigos que me han apoyado en los altos y bajos de este proceso y siempre han estado a mi lado cuando más los necesito.

Feliz y agradecida es como me siento al terminar esta etapa y empezar oficialmente otra con nuevos desafíos profesionales.

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción.....	1
2	Objetivos.....	3
3	Fundamento teórico.....	4
3.1	Estadística descriptiva.....	4
3.2	Análisis de series de tiempo.....	4
3.2.1	Descomposición de la serie de tiempo.....	5
3.2.2	Técnicas de suavizado.....	5
3.2.3	ARIMA.....	7
4	Metodología.....	11
5	Resultados.....	12
5.1	Análisis datos históricos.....	12
5.2	Desarrollo de un modelo de series de tiempo.....	17
5.3	Pronósticos.....	21
6	Conclusiones.....	25
7	Referencias bibliográficas.....	27
8	Anexos.....	28

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Estadísticos descriptivos en horas mensuales	14
Tabla 2 Modelos de serie de tiempo con su medida de la bondad de ajuste ACN.	17
Tabla 3 Modelos de serie de tiempo con su medida de la bondad de ajuste CNM.....	17
Tabla 4 Modelos de serie de tiempo con su medida de la bondad de ajuste CNMF	18
Tabla 5 Modelos de serie de tiempo con su medida de la bondad de ajuste CNMFD	18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Bahía de Quintero.....	1
Figura 2 Espectro promedio de frecuencias Nodo Puerto Quintero. Clima medio estacional.	2
Figura 3 Porcentaje de horas por año de cada estado de puerto.....	12
Figura 4 Porcentaje de horas por año de cada estado de puerto.....	13
Figura 5 Horas mensuales del estado ACN	14
Figura 6 Horas mensuales del estado CNM.....	15
Figura 7 Horas mensuales del estado CNMF	15
Figura 8 Horas mensuales del estado CNMFD	16
Figura 9 Horas mensuales del estado PA	16
Figura 10 Datos Observados v/s Pronóstico año 2018 serie ACN	19
Figura 11 Datos Observados v/s Pronóstico año 2018 serie CNM.....	19
Figura 12 Datos Observados v/s Pronóstico año 2018 serie CNMF.....	20
Figura 13 Datos Observados v/s Pronóstico año 2019 serie CNMFD	20
Figura 14 Pronóstico para la serie ACN	21
Figura 15 Pronóstico para la serie CNM	22
Figura 16 Pronóstico para la serie CNMF	23
Figura 17 Pronóstico para la serie CNMFD.....	24

LISTA DE ANEXOS

Anexo A Respaldo autenticidad base de datos “Situación Marítima” DIRECTEMAR	28
Anexo B Modelos ajustados a serie ACN.....	29
Anexo C Modelos ajustados a serie CNM.....	29
Anexo D Modelos ajustados a serie CNMF	30
Anexo E Modelos ajustados a serie CNMFD	30
Anexo F Parámetros del Modelo ARIMA (2,1,2)(1,1,1) - ACN.....	31
Anexo G Parámetros del Modelo ARIMA (2,1,3)(1,0,1) - CNM	31
Anexo H Parámetros del Modelo ARIMA (2,1,2)(0,1,1) - CNMF	32
Anexo I Parámetros del Modelo ARIMA (0,1,2)(0,1,2) - CNMFD.....	32
Anexo J Pronóstico y estadísticos descriptivos de la serie ACN	33
Anexo K Pronóstico y estadísticos descriptivos de la serie CNM	33
Anexo L Pronóstico y estadísticos descriptivos de la serie CNMF	34
Anexo M Pronóstico y estadísticos descriptivos de la serie CNMFD.....	34

RESUMEN

Este Proyecto de Título tuvo como objetivo generar un pronóstico de las horas mensuales en que el sistema portuario de la bahía Quintero se encontrará cerrado el año 2019 y 2020, mediante un análisis de series de tiempo. De forma tal de facilitar la toma de decisiones para planificar futuras obras de mantención, conservación, mejoramiento y/o modernización de las infraestructuras. Por otro lado, permitió conocer cuáles son los tiempos de cierre de naves mayores y naves menores y así dar pie para su evaluación.

El pronóstico se obtuvo a partir de una estadística de la situación marítima portuaria obtenida de la base de datos de la Capitanía de Puerto Quintero desde enero del año 2009 hasta diciembre del año 2018. En la cual detallaba si el sistema portuario se encontraba:

- Abierto – Condiciones normales.
- Cerrado para movimiento de naves mayores.
- Cerrado para naves menores fuera de la bahía.
- Cerrado para naves menores fuera y dentro de la bahía.
- Paralización de actividades.

En general las series presentaron un régimen estacional anual, donde la mayor cantidad de horas donde el sistema portuario de la Bahía de Quintero se encontrará cerrado es en los meses de mayo a agosto y los meses de septiembre a abril es donde estará mayormente abierto. Lo que es totalmente consecuente con nuestras estaciones del año, donde en otoño-invierno se presentan los mayores eventos climáticos de oleaje y viento, que dificulta el atraque y movimiento de naves mayores y menores, dados los requerimientos de los estudios de maniobrabilidad. En junio es el mes donde se presenta la mayor cantidad de horas de cierre y en enero es cuando está mayormente abierto.

En el 2019 se esperan en total 919 horas de cierre que corresponden a 38 días y el 2020 se esperan en total 690 horas de cierre que se traducen en 29 días que pueden afectar las operaciones del sistema portuario de Quintero.

El 2019 se espera que el sistema portuario de Quintero en promedio mensual se encuentre abierto por condiciones normales 653 horas, cerrado para naves mayores 17 horas, cerrado para naves menores fuera de la bahía 70 horas y para naves menores fuera y dentro de la bahía 16 horas, por lo tanto, hay que considerar holguras de 1 a 3 días en planificaciones de trabajo.

El 2020 se espera que el sistema portuario de Quintero en promedio mensual se encuentre abierto por condiciones normales 673 horas, cerrado para naves mayores 18 horas, cerrado para naves menores fuera de la bahía 74 horas y para naves menores fuera y dentro de la bahía 18 horas, por lo tanto, al igual que el año 2019 también hay que considerar holguras de 1 a 3 días en planificaciones de trabajo.