

EL PROBLEMA DE LA DETERMINACION DEL VIENTO DE DISEÑO PARA UN PUENTE SOBRE EL CANAL DE CHACAO-CHILE: DATOS Y MODELOS NUMERICOS.

José A. Vergara

*Investigador Independiente, Av. Manuel Rodríguez 661-42, Santiago, Chile,
DrJoseVergara@yahoo.com, <http://www.buentempo.cl>*

Palabras Claves: meteorología, aerodinámica, viento máximo, puente colgante..

Resumen: Desde un análisis detallado de los datos de viento disponible en la zona del Canal de Chacao (6 años de datos de estaciones meteorológicas), análisis meteorológico (sinóptico y mesoescala) y de altura (radiosondas), se concluye que con un período de retorno de 100 años, el viento máximo probable al que será sometido el Puente Colgante sobre el Canal de Chacao es de **50m/s** (promedio de 10 minutos) con una Racha máxima de **65m/s**.

INTRODUCCION

El Canal de Chacao (Foto 1) se encuentra en la zona Sur de Chile, bajo un régimen meteorológico de latitudes medias, con ciclones extra tropicales que desarrollan vientos intensos desde el Norte. El desarrollo de los ciclones se ve favorecido por la presencia en niveles superiores de la atmósfera de divergencia de aire, asociada a núcleos de la corriente en Chorro Polar (200hPa y 300hPa) y la advección de vorticidad ciclónica en los niveles medios de la Atmósfera (500hPa). El acoplamiento de estos tres factores, genera intensos temporales de viento y lluvia en la zona, es durante estos eventos donde se registran los vientos más intensos que se observan en toda la zona de estudio

Dado que las características topográficas de la zona de emplazamiento del Puente, que presenta un relieve suave, distinto de lo que ocurre en el resto del país, y sumado al hecho que los vientos intensos se registran durante días de temporal (cielo cubierto), no se desarrollan circulaciones térmicas locales, como brisas de mar-tierra, lo que se confirmó con los datos de tres estaciones meteorológicas, las mayores diferencias en la intensidad del viento detectadas en las mediciones, están relacionadas con las distintas alturas a las que se encuentran los anemómetros (6, 12, 30, 50 metros).

En las series de datos de viento analizadas no se observa una señal de cambio climático, las tendencias de largo plazo observadas se explican por cambios de instrumentos o metodologías de medición. En los datos de viento tanto en superficie como altura (850 hPa y 500hPa), no se detecta una señal de cambio climático que afecte el viento en la zona (Figura 1).

Con la información disponible se desarrollara una metodología para determinar el viento de diseño, al que estará sometido del tablero del Puente colgante sobre el Canal de Chacao, con un período de retorno de 100 años.

Datos de Intensidad del Viento:

Las estaciones meteorológicas instaladas en la zona del Proyecto, cuentan con un registro temporal reducido que no permite realizar un análisis de velocidades extremas, por lo anterior esta información fue complementada con registros históricos de estaciones cercanas (Faro Punta Corona y El Tepual), numéricos sinóptica (reanálisis) y estaciones de altura (radiosondas).

La información de las estaciones meteorológicas históricas existente en la zona (El Tepual Chile y Punta Faro Corona), presentaron falta de homogeneidad temporal que obligaron a validar, con información de modelos numéricos, los distintos registros antes de ser utilizados en el estudio de valores extremos, los principales problemas detectados fueron:

- 1) Cambio de Instrumentos de medición.
- 2) Modificaciones en los procedimientos de medición (manual, automático).
- 3) Desplazamiento de la Estación.
- 4) Diferencias en el muestreo (cada cuatro horas, cada tres horas, horario).
- 5) Modificaciones en la Altura del Anemómetro, etc.

Desafortunadamente las estaciones antes indicadas, son las únicas estaciones meteorológicas

que cuentan con registros históricos de viento en la zona de estudio. Por lo que en este caso, los mayores esfuerzos fueron destinados a desarrollar una metodología que permita homogenizar las series de datos, de tal forma de lograr una serie de valores extremos de viento lo más confiable y consistente posible.

Dirección del Viento:

Los vientos extremos están asociados a grandes Temporales y presentan componente del viento predominantemente desde el Norte (NW, N, NE).

Intensidad de los Vientos:

En general la ecuación para determinar el viento máximo en la zona del Puente sobre el Canal de Chacao puede ser resumida en la siguiente expresión:

Ecuación del Viento Máximo:

$$V_{\max} = \lambda_{6m}^{10m} \lambda_{10m}^{50m} \Pi(\text{muestra}) \Theta_{Tepual}^{Chacao} V_{\max}^{Tepual}_{T=100\text{años}}$$

Donde:

V_{\max} : Velocidad máxima del viento medio en 10 minutos en el Canal de Chacao a 50 metros sobre el nivel del suelo, con un período de retorno de 100 años.

λ : Factor de corrección por diferencia en altura de los distintos instrumentos, el que depende del perfil vertical del viento.

Θ : Factor de corrección por correlación espacial entre las distintas estaciones.

El Producto $\lambda_{6m}^{10m} \lambda_{10m}^{50m} \Theta_{Tepual}^{Chacao}$ fue determinado desde datos del Aeropuerto El Tepual y Torre meteorológica de 50 m de altura localizada en la zona del proyecto, el valor resultante fue entre 0,5 y 1,1 (Figura 2).

Π : Factor de incertidumbre por diferencias asociados a un muestreo discreto y no continuo de viento, este factor fue evaluado utilizando datos continuos de la Torre meteorológica, y en el caso de datos horarios se encontró un valor de **1,25** (Figura 3 y 4).

$V_{\max}^{Tepual}_{T=100\text{años}}$: Velocidad máxima del viento medio en 10 minutos en El Tepual a 6 metros sobre el suelo y con un período de retorno de 100 años. Se determino mediante un análisis de viento extremo, correspondiente al máximo viento medio, entorno en los 10 minutos antes de la hora en la estación El Tepual. Cada uno de los eventos fue analizado en detalle y verificados con información meteorológica de gran escala (reanálisis NCEP/NCAR), altura (radiosondas) y estaciones cercanas (Faro Punta Corona). Como resultado del análisis anterior, el viento medio en 10 minutos a 6 metros sobre el suelo en la estación de El Tepual con un período de retorno de 100 años es de **36,4** nudos o **18,7** m/s.

Dado la falta de datos confiables de terreno y con el fin de complementar y validar la información de terreno, se recurrió a los resultados de un modelo numérico meteorológico regional, el cual fue inicializado con información de gran escala de reanálisis NCEP/NCAR, para los eventos más extremos (17 casos).

Por lo anterior, el valor del viento medio en 10 minutos con un período de retorno de 100 años a 50 metros sobre el suelo es de:

$$V_{\max}=1,25 \times 1,1 \times 36,4 = \mathbf{50 \text{ m/s}}$$

Viento Máximo Instantáneo o Racha:

La Racha es una consecuencia de la turbulencia atmosférica, y dado que la turbulencia atmosférica es más intensa cerca del suelo y decrece con la altura, lo más adecuado es disponer de datos cerca de la zona del proyecto y para esto se recurrió a la información de la torre meteorológica instalada en la zona del canal y que mide vientos máximos y medios a 30 y 50 metros sobre el suelo.

La calidad de estos datos es muy buena, mostrando que la intensidad de los vientos máximos se incrementa en solo un 5,5% entre los 30 y 50 metros, mientras que a los 50 metros sobre el suelo la relación entre la velocidad máxima y la velocidad media en 10 minutos es de 1,3 (Figura 5).

$$V_{\max}^{10\text{min}} = 1,3V_{\text{med}}^{10\text{min}}$$

La relación anterior, permite evaluar la velocidad máxima en 10 minutos a partir de la velocidad media en 10 minutos, que fue determinada anteriormente.

Dado que el viento máximo estimado para un período de retorno de 100 años es de 50 m/s, la racha máxima con un período de 100 años es de:

Racha Máxima (m/s)= 1,3 x 50 m/s= **65 m/s** (viento máximo instantáneo).

CONCLUSIONES

En el presente estudio se desarrolló una metodología para determinar el viento máximo de diseño sobre el Puente colgante sobre el Canal de Chacao, utilizando la información meteorológica disponible desde diferentes fuentes. Dentro de este estudio se concluye que con un período de retorno de 100 años, el viento máximo probable al que será sometido el Puente Colgante sobre el Canal de Chacao será de **50m/s** (promedio de 10 minutos) con una Racha máxima de **65m/s**.



Foto 1: Zona donde se proyecta la construcción del Puente colgante sobre el Canal de Chacao con un largo de aproximadamente 2.600 metros.

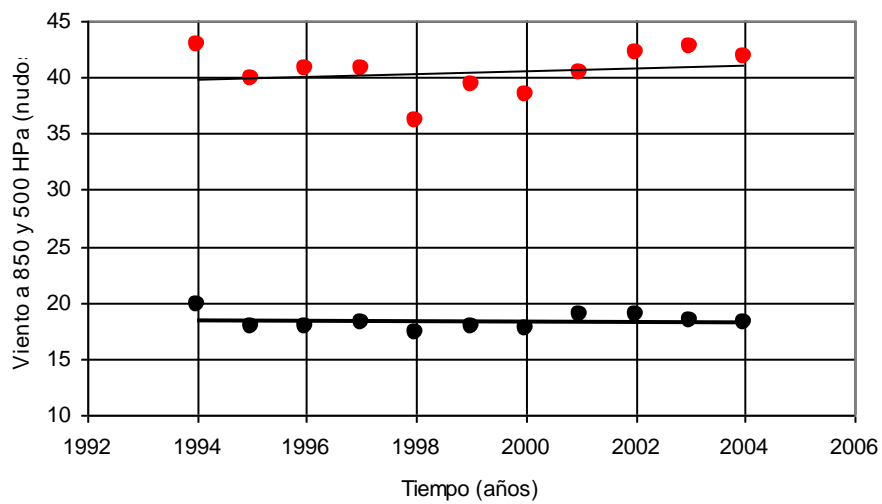


Figura 1: Evolución temporal de los vientos de altura medio a 850 hPa y 500hPa medidos desde el radiosonda de Puerto Montt , donde no se observan tendencias temporales significativas, siendo consistente con los datos de

viento de superficie en la estación de El Tepual.

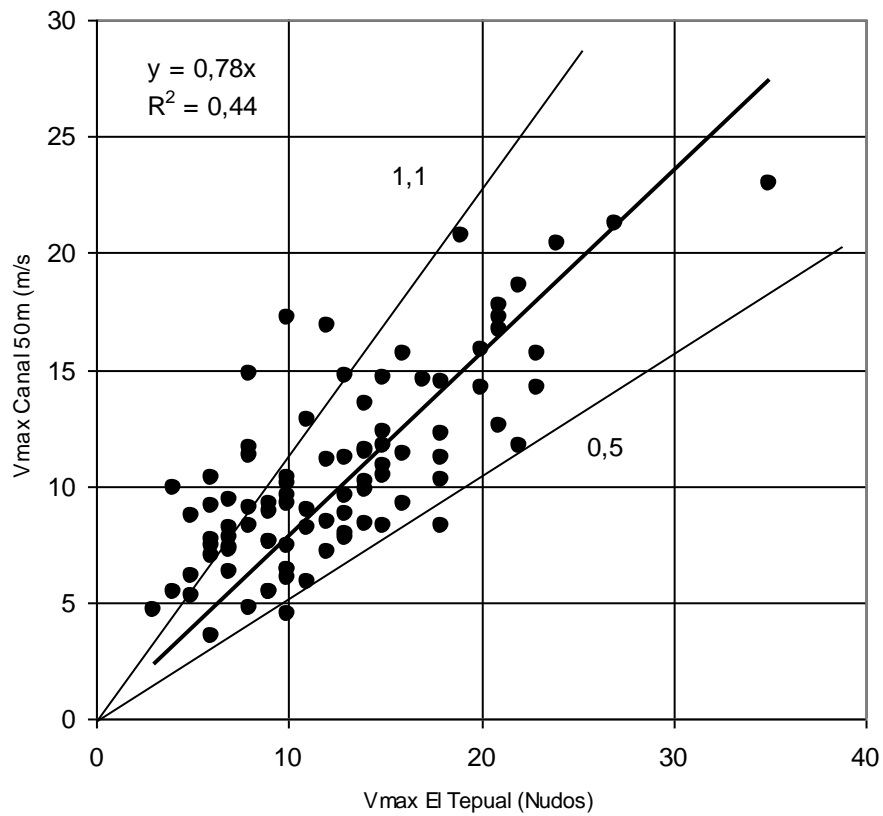


Figura 2: Relación entre el Viento máximo en el Canal de Chacao y el Medido en El Tepual. La relación está entre 0,5 y 1,1.

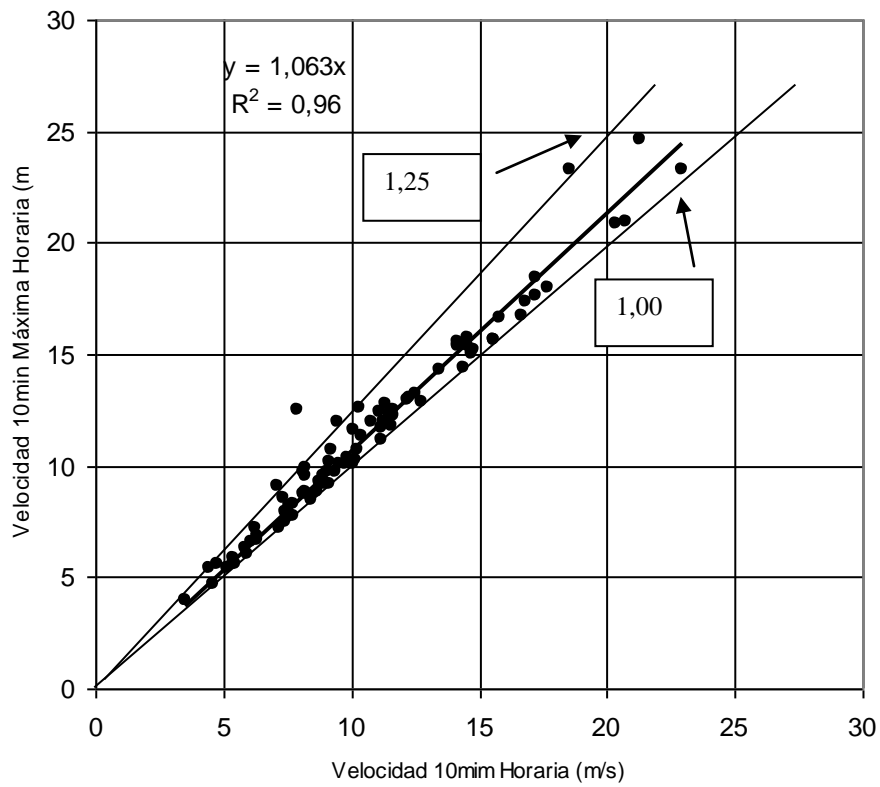


Figura 3: Relación entre el Viento máximo horario y el Viento Horario medio de 10 min.

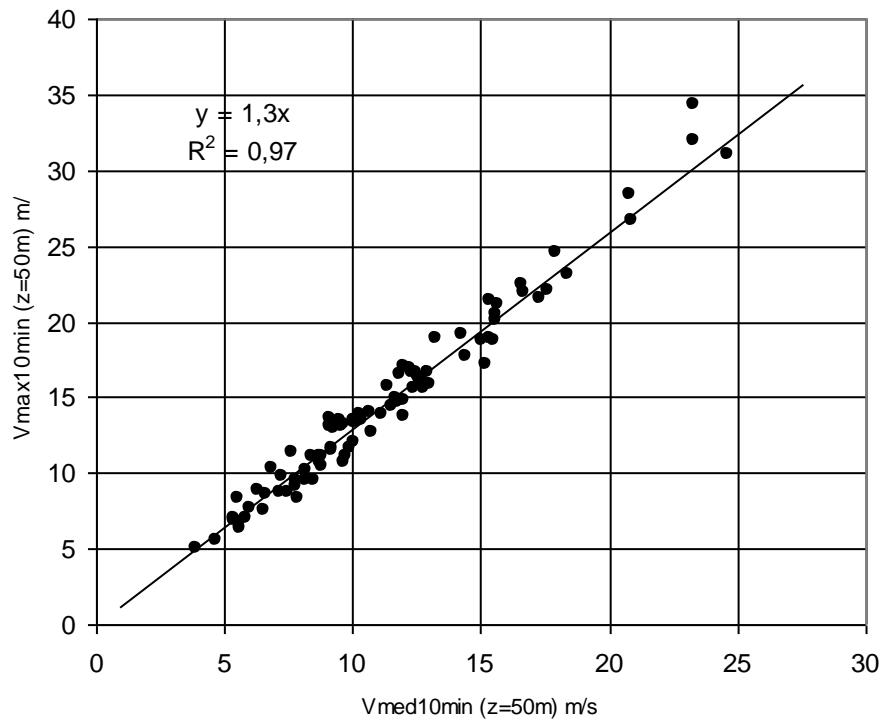


Figura 5: Relación entre viento máximo observado y el viento medio en 10 minutos medidos durante el año 2002, en torre meteorológica de 50 metros en la Zona del Proyecto.