

# Hacia una nueva versión del modelo ionosférico NeQuick



Tesista: Yenca Migoya-Orué

Director: Dr. Rodolfo Ezquer

Director Asoc.: Prof. Sandro Radicella

## Introducción

Al tema de Tesis

01

02

## Objetivos

Objetivos generales de la Tesis

---

## Resultados

De las últimas actividades relacionadas al tema de Tesis

03

04

## Futuros Pasos

Trabajo que se desarrolla en la actualidad y próximos pasos

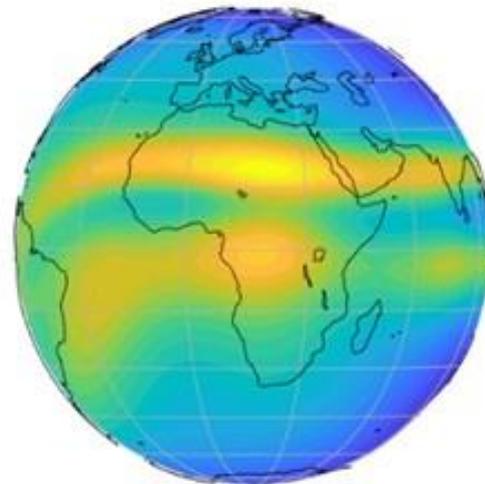
# 01

## Introducción

---

- Los modelos empíricos son descriptivos.
- Modelan variaciones sistemáticas basados en datos históricos.
- Se han demostrado útiles en la descripción climatológica de la ionósfera.
- No son capaces de proveer información sobre la variación diaria de los parámetros ionosféricos, o durante tormentas geomagnéticas.
- Están basados en observaciones experimentales que no cubren homogéneamente el globo terráqueo.

**El modelo NeQuick** es un modelo empírico diseñado para aplicaciones en radiopropagación trans-ionosférica. Fue desarrollado en el Abdus Salam ICTP en colaboración con la Universidad de Graz. Es recomendado por la Unión Internacional de las Telecomunicaciones, Sector Radiocomunicaciones (UIT-R).



**02**



**Objetivos**

---

# Objetivos Generales

---



Identificación y evaluación crítica de las definiciones actuales del modelo

**NeQuick.**



Propuestas de mejoras en la representación del perfil de densidad electrónica modelado.



Análisis del impacto de potenciales mejoras en las prestaciones del modelo.

# Revisión Crítica

---

## Análisis Modelo

Se han individualizado las limitaciones que presenta el modelo NeQuick como modelo climatológico a través de estudios propios (*Ezquer et al, 2017, Migoya-Orué et al., 2017, Mungufeni et al., 2020*) y de terceros.

Necesidad de reformular el parámetro de espesor del tope de la ionósfera en el modelo utilizando nuevas bases de datos, integrando a los sondadores de topside el uso de datos de Radio ocultación (RO) de GNSS y datos de POD (Precise Orbit Determination).



## 03

## Resultados: Estudios del Parámetro B2

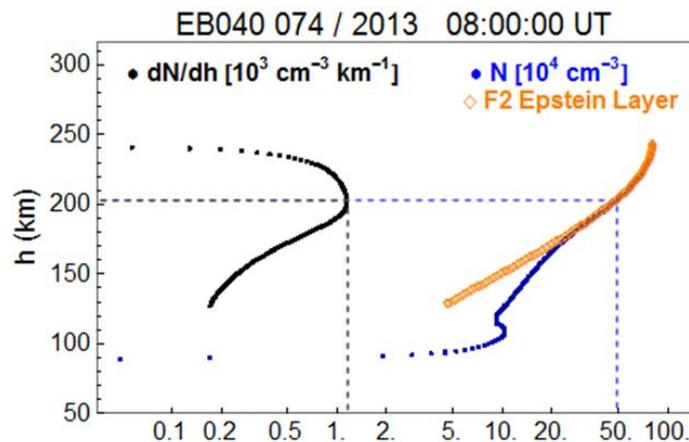
La mayoría de los modelos empíricos ionosféricos usan parámetros de espesor para caracterizar la forma del perfil de densidad electrónica.

Estos parámetros se definen por relaciones empíricas con características de ionogramas.

El **modelo NeQuick** (*Radicella and Leitinger, 2001; Nava et al, 2008*) utiliza un punto de inflexión debajo del pico de F2 llamado "base point" como un punto de anclaje para definir el parámetro de espesor de la base del perfil de densidad electrónica, denominado **B2** (*Mosert de González and Radicella, 1990*).

El B2 describe la forma de una capa Epstein en un perfil de Ne debajo de la región del pico de F2 y se deriva analíticamente así:

$$B2_{bot} = 0.385 N m F2 / dN/dh_{max}$$



# Metodología

---

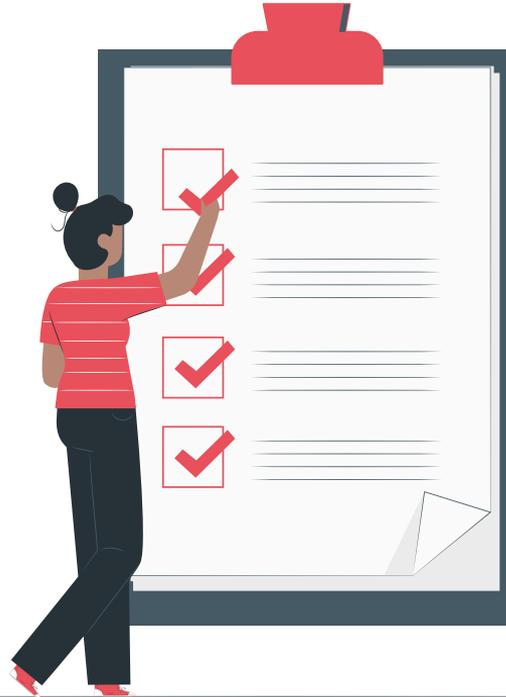
## Objetivo

Investigar el comportamiento del parámetro B2 experimental durante tormentas causadas por CMEs en Equinoccio.

## Set de Datos

Los eventos seleccionados fueron: March 17, 2013; October 2, 2013 y March 17, 2015.

Los valores de los gradientes  $(dN/dh)_{max}$ , se obtuvieron de ionogramas horarios de 20 digisondas de latitudes medias y bajas de la red GIRO.



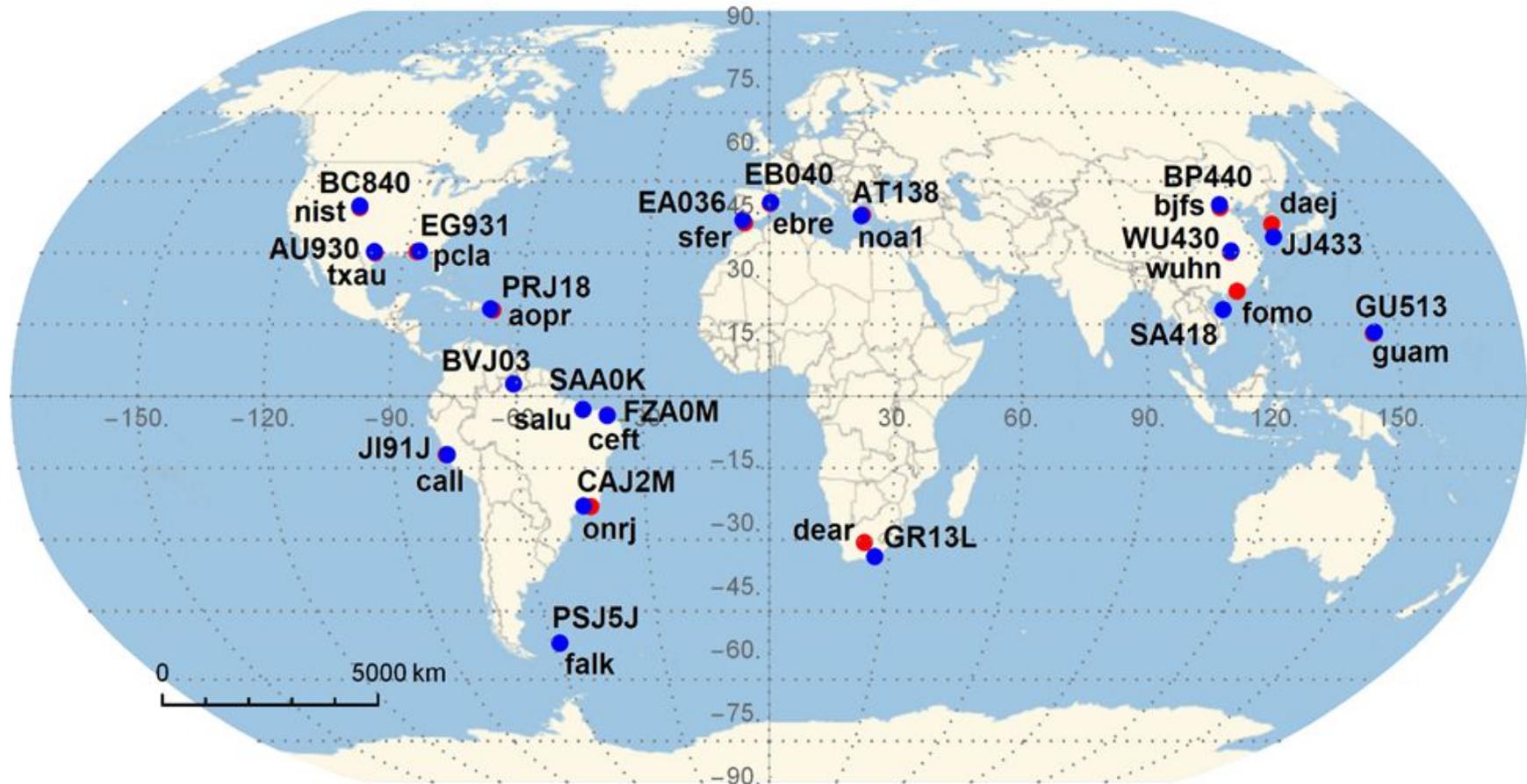
## Análisis

El comportamiento del B2 se analizó antes, durante y después de los eventos, junto a variaciones de VTEC y NmF2.

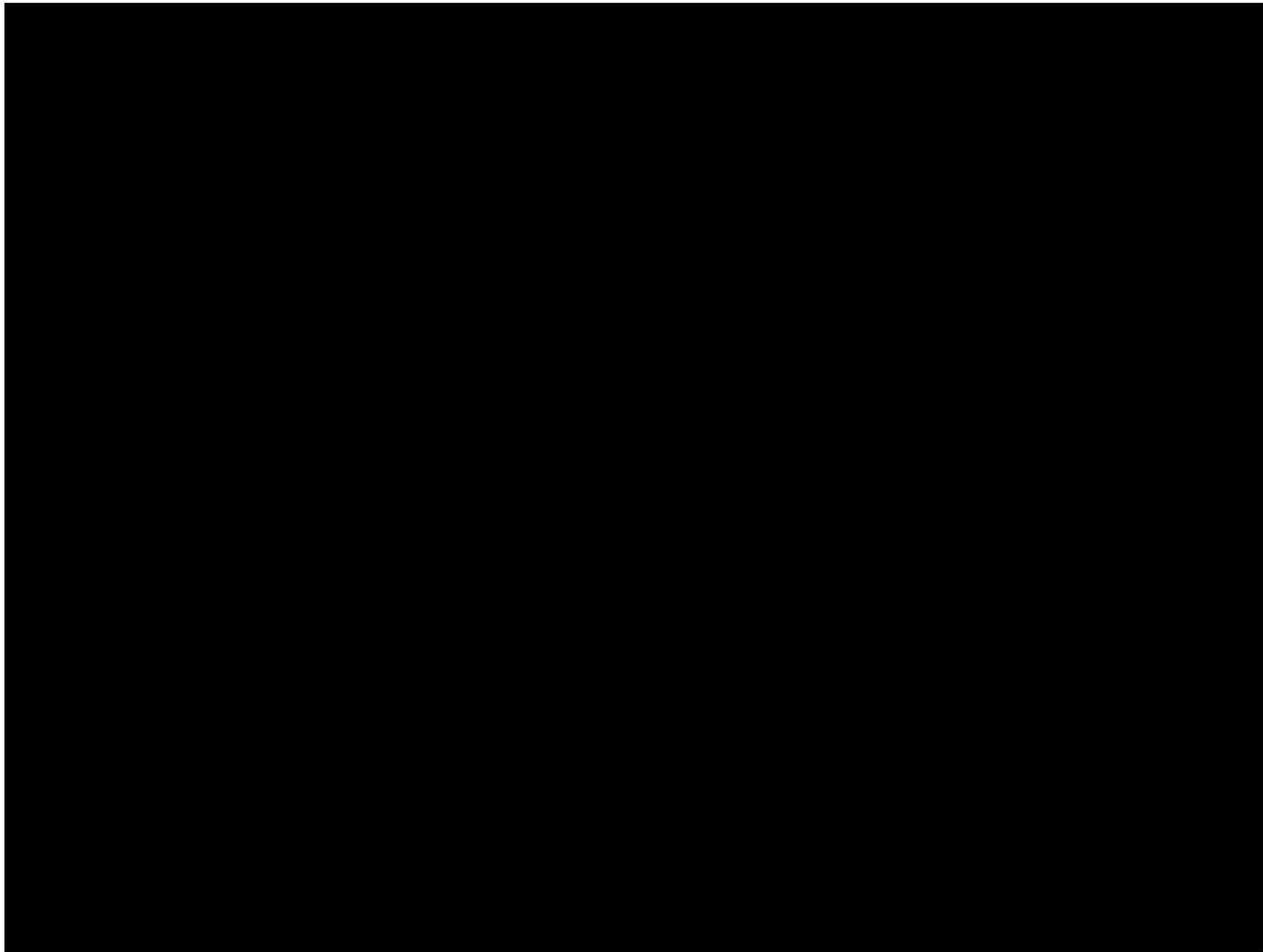
## Comparación

Se compararon las observaciones en los distintos sectores y latitudes.

Se analizó también el tiempo de respuesta de las distintas mediciones de acuerdo a la ubicación de las estaciones a través de cross-correlations.

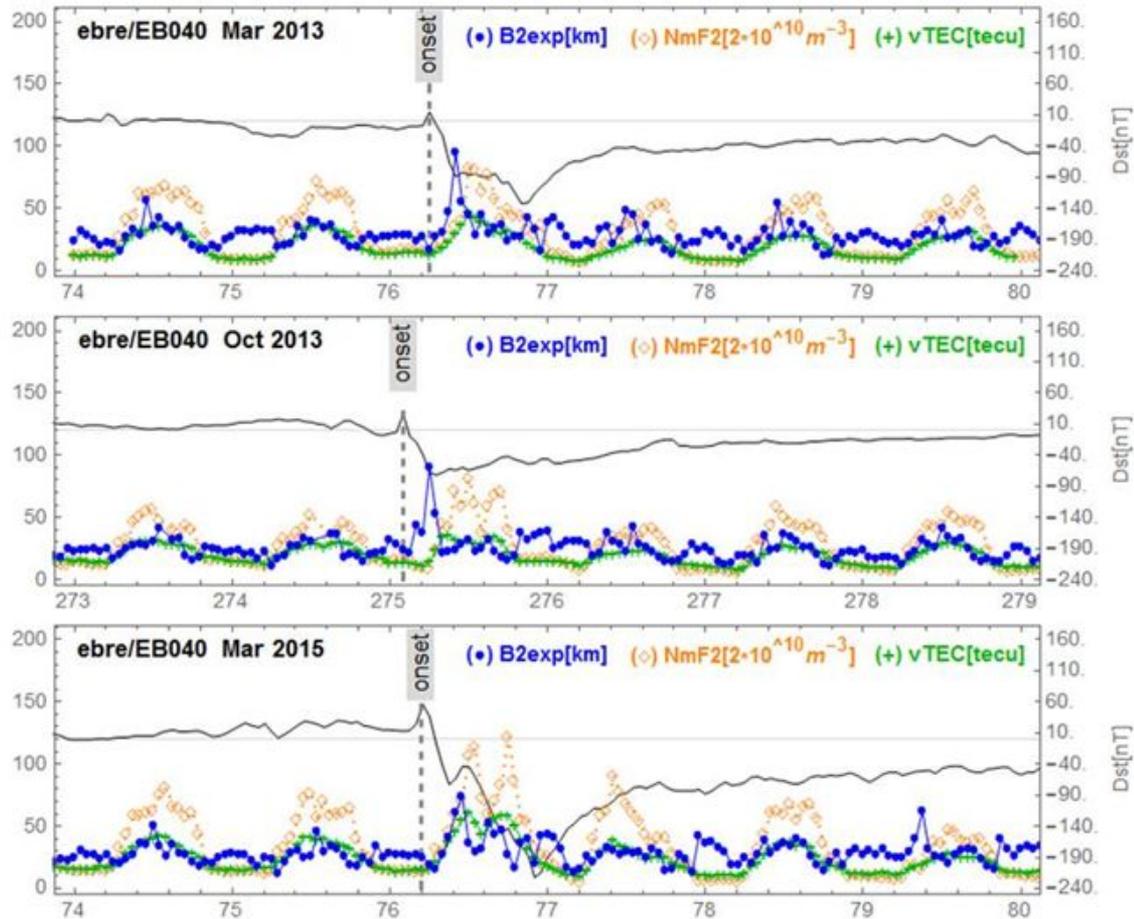


● GIRO network (*Reinisch and Galkin, 2011*)  
● GNSS station



# Resultados

Europe - mid latitudes



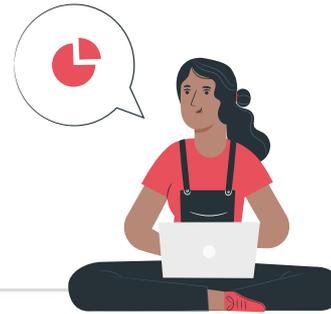
Variations of B2 experimental, NmF2 and VTEC at Ebro station during the three equinoctial storms March 17, 2013, October 2, 2013 and March 17, 2015.

# Resultados

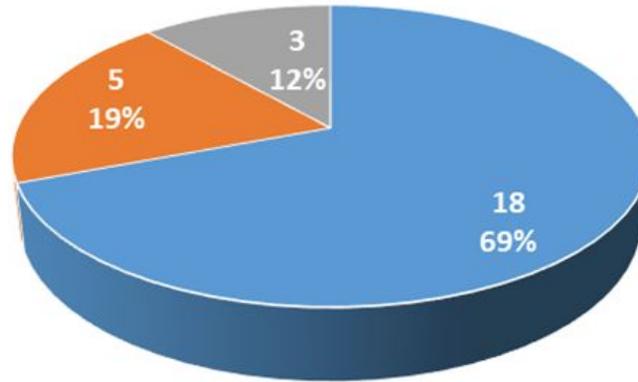
## Resumen

Storm Location	March 17, 2013 Intense storm Max SYMH => -130 nT	October 2, 2013 Moderate storm Max SYMH => -90 nT	March 17, 2015 Great storm Max SYMH => -234nT
Europe Mid-latitudes	Positive storm +NmF2 +B2 spike	Positive storm +NmF2 +B2 spike	Positive storm +NmF2 +B2 spike
America Mid-latitudes	Positive storm+NmF2 +B2 spike	Positive storm + NmF2 Decrease of B2 Particular case	Negative storm Complex case
America Low latitudes	Positive storm +NmF2 +B2 spike	Positive storm +NmF2 +B2 spike	Positive storm +NmF2 +B2 spike
Asia Mid-latitudes	No effects	Positive storm +NmF2 +B2 spike	Negative storm Complex case
Asia Low latitudes	No data	Positive storm +NmF2 Decrease of B2 Particular case	Negative storm Complex case

# Resultados



Cases Observed over a total of 26



■ +B2 ■ complex ■ no effects

# Conclusiones

---

- 2 tipos principales de comportamiento del B2, NmF2 y VTEC: +B2 spike y casos complejos.
- Los casos de B2 spike [~70%] corresponden a tormentas ionosféricas positivas.
- Los casos complejos [~20%] corresponden a tormentas negativas.
- Los tipos de comportamiento encontrados corresponden a la acción de diferentes factores dominantes:

positiva-> modif. debido a transporte

negativa-> modif. debido a cambios en la composición

- El análisis de los tiempos de respuesta señalaron que en gral. el B2 reacciona antes del NmF2 y TEC después de un SSC.
- Debido a la sensibilidad de los parámetros de espesor como el B2, éstos podrían usarse como input en modelos empíricos para adaptarlos a situaciones de tormenta.

# Resultados: Efectos de parámetros de espesor en la parte base del perfil de densidad electrónica en modelos empíricos



Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

ScienceDirect

Advances in Space Research xxx (xxxx) xxx

ADVANCES IN  
SPACE  
RESEARCH  
*(a COSPAR publication)*

[www.elsevier.com/locate/asr](http://www.elsevier.com/locate/asr)

## Thickness parameters in the empirical modeling of bottomside electron density profiles

S.M. Radicella<sup>a</sup>, K. Alazo-Cuartas<sup>a</sup>, Y. Migoya-Orué<sup>a,\*</sup>, A. Kashcheyev<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics T1ICT4D, Strada Costiera 11, 34151 Trieste, Italy*

<sup>b</sup>*Physics Department, University of New Brunswick, E3B5A3 Fredericton, Canada*

Received 16 June 2020; received in revised form 28 October 2020; accepted 23 December 2020

### Abstract

All empirical models of the ionosphere electron density profile rely, among other parameters, on the efficient description of the thickness of the F2 layer that controls the profile shape. Considering the trend towards data assimilation in such models to give near real time 3D specification of the electron density, the efficiency of such description becomes particularly important. This paper discusses the thickness parameters of the International Reference Ionosphere (IRI) and NeQuick2 empirical models and their effects on the modeled electron density profiles by comparing them with experimentally derived profiles. A simple technique to optimize the use of experimental data to forecast electron density specifications is proposed. It is based on the previous output of the assimilation of NmF2, hmF2, with the addition of the experimentally computed thickness parameters of the IRI and NeQuick models. This technique appears to be able to forecast reasonably well the electron density profile at least 30 min ahead of a given epoch. The possible use of such electron density profile forecast, for applications in HF radio waves propagation is suggested.

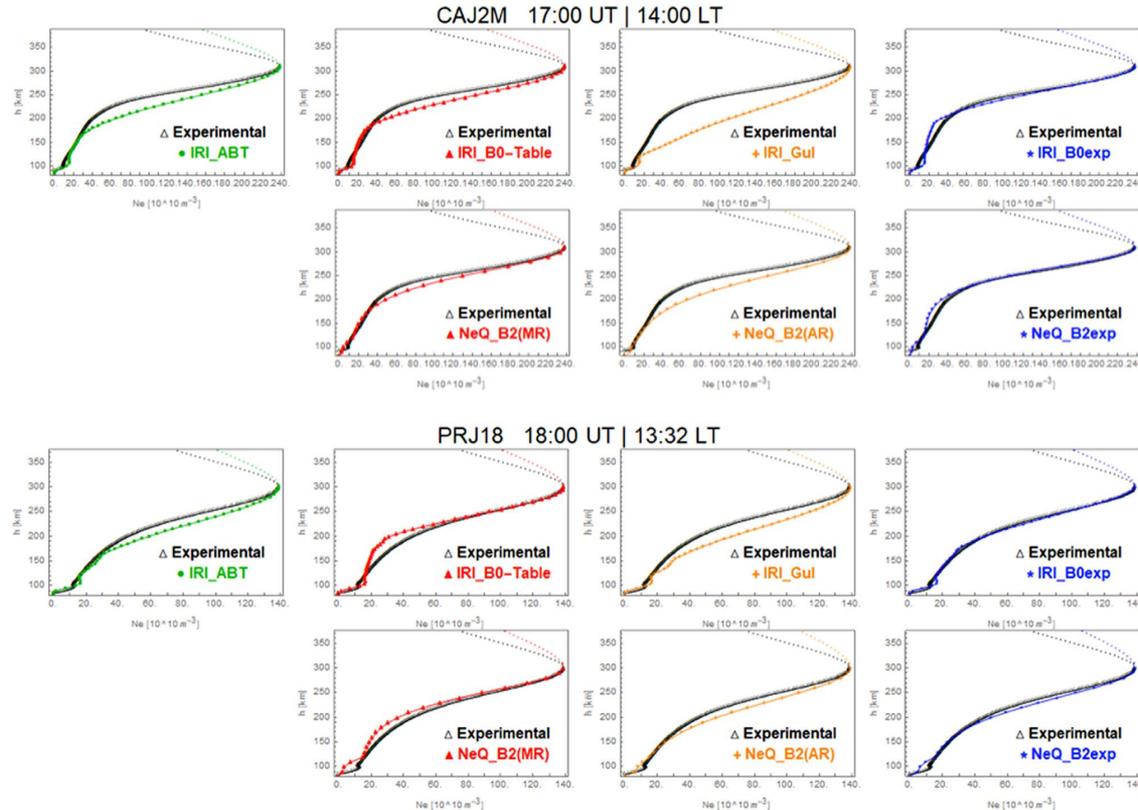
© 2021 COSPAR. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

# Resultados: Efectos de parámetros de espesor en la parte base del perfil de densidad electrónica en modelos empíricos

Se compararon perfiles de Ne experimentales con perfiles modelados de IRI(2016) y NeQuick(2) considerando las opciones de parámetros de espesor disponibles.

Se encontró el menor error cuando los valores experimentales de B0 y B2 son asimilados por los modelos, además de NmF2 y hmF2.

Se testeó una técnica simple para predecir la Ne de la bottomside. Se encontró que cuando se asimilan los valores del pico más B0 o B2 es posible pronosticar valores de Ne con una precisión razonable hasta 30 min después una dada época.



# 04 Otros avances y Futuros Pasos

---

- Conformación de set de datos para validación: datos de sondadores de topside y de RO de GNSS y datos de POD (Precise Orbit Determination).
- Adaptación a la nueva versión de R12: es necesario evaluar el re cálculo de dicho índice o su determinación a través del flujo solar, F10.7 cm.
- Actualización de campo geomagnético (modip file).
- Colaboraciones: uso de NeQuick con data ingestion para mapas regionales y para comparaciones con modelos de Machine Learning.



# Producción científica (papers)

---



- S. M. Radicella, K. Alazo-Cuartas, Y. O. Migoya-Orué and A. Kashcheyev, "*Thickness parameters in the empirical modeling of bottomside electron density profiles*", artículo publicado en enero del corriente año en *Advances in Space Research*, 2021, ISSN 0273-1177, <https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.12.037>.
- S. Radicella and Y. Migoya-Orué, "*Chapter 11: GNSS-derived data for the study of the ionosphere*", publicado en *GPS and GNSS Technology in Geosciences Book*, Elsevier 2020.
- Mungufeni, P, Samireddipalle, S., Migoya-Orué, Y., and Kim, Y. H.: Modeling total electron content derived from radio occultation measurements by COSMIC satellites over the African region, *Ann. Geophys.*, 38, 1203–1215, <https://doi.org/10.5194/angeo-38-1203-2020>, 2020.

# Producción científica (conferencias)

---



- *"Performance of the new formulation of the bottomside B2 parameter in NeQuick model under disturbed geomagnetic conditions"*. K. Alazo-Cuartas; Y. Migoya-Oru ; S. Radicella; B. Nava and C. Amory-Mazaudier. Presentado en 2019 URSI Asia-Pacific Radio Science Conference (AP-RASC), 9 – 15 March, New Delhi, INDIA.
- *"B2 thickness parameter response to Equinoctial geomagnetic storms"*, Y. Migoya-Oru , K. Alazo-Cuartas, S. Radicella, B. Nava, A. Kashcheyev, C. Amory-Mazaudier and R. Ezquer presentado en Beacon Satellite Symposium 2019, 19 – 23 August, Olsztyn, POLAND.
- *"The role of the thickness parameters in near real time empirical modeling of ionospheric electron density"*, S. M. Radicella, K. Alazo-Cuartas, Y. Migoya-Oru  and A. Kashcheyev presentado en IRI Workshop 2019, 9 – 13 September 2019, Nicosia, CYPRUS.
- *"Study on the experimentally derived B2 parameter behavior during different geomagnetic storms"*, Y. Migoya-Oru , presentado en Workshop on NeQuick Ionospheric Electron Density Model: Latest Developments and New Implementations, 8 – 11 October, 2019. Trieste, ITALY.

# Cursos de Postgrado

---

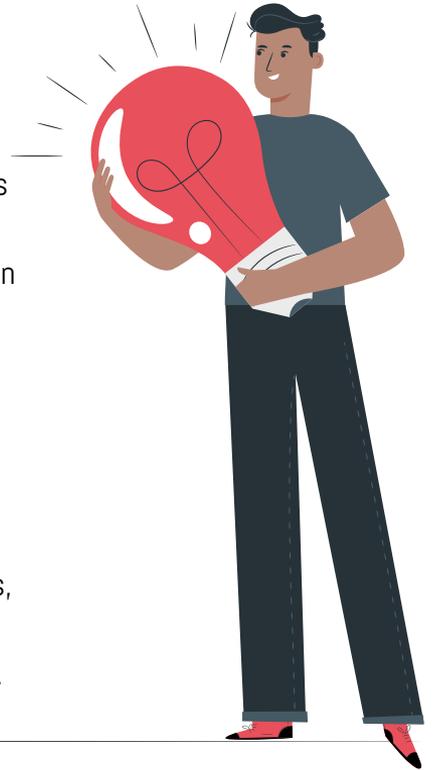


- “Física de la Ionosfera. Módulo I: Física, Características y Variabilidad de la Ionosfera”. Depto. de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán. No. Registro: 6/2018. Duración: **60 horas**.
- “Física de la Ionosfera. Módulo II: Análisis de Modelos, de Datos y Variaciones a Largo Plazo”. Depto. de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán. No. Registro: 6/2018. Duración: **60 horas**.
- “Campo Magnético de la Tierra y Actividad Geomagnética”. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán. No. Registro: 60.388/2019, Duración: **40 horas**.
- “Computación Avanzada”. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán. No. Registro: 60.830/2020. Duración: **60 horas**.

# References

---

- R.G. Ezquer, L.A. Scidá, Y.O. Migoya Orué, G.E. Lescano, K. Alazo-Cuartas, M.A. Cabrera, S.M. Radicella (2017), NeQuick 2 total electron content predictions for middle latitudes of North American region during a deep solar minimum, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, Volume 154, Pages 55-66, ISSN 1364-6826, <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2016.12.014>.
- Migoya-Orué Y., O. Folarin-Olufunmilayo, S. Radicella, K. Alazo-Cuartas and A.B. Rabiú (2017), Evaluation of NeQuick as a model to characterize Equatorial Ionization Anomaly over Africa using data ingestion, *Adv. Space Res.*, 2017.
- Mosert de González, M., and S. M. Radicella, On a characteristic point at the base of the F2 layer, *Adv. Space Res.* Vol. 10. No. 11. pp. 11-17, 1990.
- Nava, B., Coisson, P., Radicella, S.M., A new version of the NeQuick ionosphere electron density model. *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2008.01.015>. 2008.
- Radicella, S.M. and R. Leitinger, The Evolution of the DGR Approach to Model Electron Density Profiles, *Adv. Space Res.*, 27 (1), 35-40, 2001.
- Reinisch, B.W. & Galkin, I.A. *Earth Planet Sp.* pp. 63: 377. <https://doi.org/10.5047/eps.2011.03.001>. 2011.



# iGracias!

yenca@ictp.it

CREDITS: This presentation template was created by Slidesgo, including icons by Flaticon, infographics &