

Proyecto TECUA Resultados Finales

Prof. Ing. Jorge Luis Favier

1. Introducción

El proyecto TECUA (Contenido Total de Electrones de la Ionosfera) se enmarca dentro de la Cooperación Bilateral Científico Tecnológica Germano Argentina, con la participación de la Agencia Espacial Alemana DLR, Neustrelitz y Universidad de Graz (Austria), Universidad Nacional de Tucumán (Argentina) y la Universidad de Mendoza (Argentina).

Es importante destacar que en este proyecto de investigación se vieron involucradas instituciones y científicos de tres países (Argentina, Alemania y Austria).

Por la parte Argentina participaron los siguientes investigadores: Prof. Ing. Jorge Luis Favier (Universidad de Mendoza), Prof. Ing. José. Luis Puliafito (Universidad de Mendoza), Ing. Roberto Inzirillo (Universidad de Mendoza) y por la Universidad de Tucumán el Dr. Víctor Ríos. Por Alemania participó el Dr. Norbert Jakowski (DLR) y finalmente por la parte de Austria estaban el Dr. Reinhard Leitinger y el Dr. Eric Putz (Universidad de Graz), entre otros.

El objetivo de este proyecto era el monitoreo del contenido total de electrones en la ionósfera por efecto Doppler diferencial, con aplicación a la geodesia. Se estudiaba además la posible interacción de las fluctuaciones de la ionósfera como mecanismos de transporte atmosférico, de interés para el estudio del Cambio Global Climático y del ecosistema local.

El proyecto abarcaba las estaciones ubicadas en Mendoza, Tucumán y Trelew, más dos estaciones móviles que operaban en Salta y Ushuaia.

El TECUA comenzó oficialmente en mayo de 1992, con la fase de desarrollo.

La instalación de los receptores se llevó a cabo en marzo / abril de 1994 en la Argentina se colocaron en: Salta, Tucumán, Mendoza, Trelew y Ushuaia.

También es importante destacar que durante las dos primeras semanas las mediciones se coordinaron con la Campaña de Topografía Ionosférica Panamericana.

Durante la fase de instalación, científicos e ingenieros argentinos fueron entrenados en la operación de los equipos de recolección de datos y en la solución de problemas técnico.

La fase operativa comenzó el 4 de abril de 1994. Durante las estadías de científicos e ingenieros argentinos a la DLR en Neustrelitz (Dr. Víctor Ríos-UT y Ing. Roberto Inzirillo-UM). En esa oportunidad se realizó, conjuntamente, el desarrollo de software, el análisis de datos y el procesamiento de los mismos.

La gran extensión latitudinal de la Argentina provee una oportunidad única de medir perfiles desde la región de Cresta Ecuatorial a la Subauroral. Con la finalidad de extender la zona de observación, se instaló durante 1996 un receptor en Ushuaia.

Los datos obtenidos desde 1994 al 1995 y desde 1996 a 1997, están disponibles en el Centro de Procesamiento de Datos en Neustrelitz.

Un análisis preliminar de datos seleccionados muestran que son valiosos para la investigación Ionosférica, como ser el estudio de fenómenos regulares e irregulares o para derivar **por primera vez** un modelo empírico de TEC sobre Argentina.

Los datos obtenidos a lo largo de este proyecto fueron presentados en distintos simposios internacionales, que detallamos más adelante. A modo de ejemplo podemos citar: Simposio Internacional de Satélites Baliza, Universidad de Gales. Reino Unido, del 11 al 14 de julio de 1994. Convención Nacional URSI, en Kleinheuchbach, Alemania, del 10 al 14 de octubre de 1994. Reunión de la Asociación de Geofísicos y Geodestas de Argentina, en La Plata, Buenos Aires, del 24 al 26 de octubre de 1994.

Como las frecuencias nominales de los satélites NNSS no fueron desactivadas en diciembre de 1996, el equipamiento del TECUA siguió operando más allá de la fecha oficial de clausura del proyecto, proporcionando datos adicionales.

Se seguirán realizando publicaciones científicas conjuntas en los próximos años, basadas en los datos obtenidos y venideros. El proyecto se dio por concluido a fines de 1997.

2. Resumen del proyecto

El proyecto TECUA (Contenido Total Electrónico en la Atmósfera Superior, por sus siglas en inglés), consiste en la medición de la densidad del plasma electrónico en la capa de la atmósfera superior, conocida como ionosfera (de los 100 a los 1.000 km. de altura aproximadamente), por medio de los efectos de esta última en las ondas de radiofrecuencia.

Para ello se toman como base para la medición las señales emitidas por los satélites pertenecientes al sistema NNSS -ex TRANSIT-(Sistema de Navegación por Satélite de la Armada de los Estados Unidos de Norte América).

Estos satélites tienen la característica de orbitar a la Tierra por los polos en forma continua cada 107 minutos, a una altura de 1.100 km. Su número a pleno funcionamiento fueron de 12 satélites. Al día de hoy todavía hay alguno en actividad.

Estas características, que permiten una observación continua temporal y espacialmente, se suman a que las señales que ellos transmiten son de frecuencias relativamente bajas respecto a las usadas hoy por los modernos sistemas (150 y 400 M hz.).

Estas señales son generadas por un mismo oscilador lo que les confiere la cualidad de estar en fase al momento de ser transmitidas. Esto significa que ambas son afectadas por la ionosfera en distinto grado.

Cuando se reciben estas señales se analiza la diferencia de fase para extraer la información requerida sobre la naturaleza de las interferencias y sus valores cuantitativos.

Estas observaciones se realizaron en diversos puntos de nuestro país, en estaciones ubicadas estratégicamente para la mayor cobertura posible del firmamento local (Tucumán, Mendoza, Trelew y Ushuaia).

Todas estas estaciones estuvieron a cargo de personal capacitado a tal efecto y bajo la supervisión de la estación Mendoza. Esta estación tenía como lugar físico de funcionamiento la Estación de Packet Radio de la Universidad de Mendoza.

Mediante programas de computación, apropiados, esta información es procesada y se obtiene así un mapa geográfico y temporal de la ionósfera, debido a su comportamiento absolutamente dinámico.

La gran extensión latitudinal de la Argentina provee una oportunidad única de medir perfiles desde la región de Cresta Ecuatorial a la Subauroral.

3. Resumen de los objetivos del proyecto

El objetivo del proyecto es la medición de la densidad del plasma electrónico en la capa de la atmósfera superior, conocida como ionósfera, por medio de los efectos de esta última en las ondas de radio frecuencias.

Para ello se toman como base la medición las señales emitidas por los satélites pertenecientes al sistema NNSS.

Estos satélites permiten una observación continua temporal y espacialmente, se suman a que las señales que ellos transmiten son de frecuencias relativamente bajas respecto a las usadas hoy por los modernos sistemas y son generadas por un mismo oscilador, lo que les confiere la cualidad de estar en fase al momento de ser emitidas.

Como ambas señales son afectadas por la ionósfera en distinto grado, al ser recibidas se analiza esa diferencia para extraer la información requerida sobre la naturaleza de las interferencias y sus valores cuantitativos.

Estas observaciones se realizaron en diversos puntos de nuestro país, las estaciones son ubicadas estratégicamente para dar la mayor cobertura posible del firmamento local.

Mediante programas de computación apropiados, esta información es procesada y se obtiene así un mapa geográfico y temporal de la ionósfera; debido a su comportamiento absolutamente dinámico.

Podemos resumir los objetivos científicos del proyecto en los siguientes puntos:

1. Relaciones de largo plazo entre TEC y parámetros geofísicos externos. ¿Puede relacionárselo con el Cambio Climática Global? ¿Existe un efecto invernadero en la ionósfera?
2. Distribución latitudinal de la ionización. ¿Cuál es el origen del paso de latitudes medias? ¿Cuáles son los procesos ionosféricos dominantes en la región de cresta ecuatorial?
3. Irregularidades espaciales, centelleos. ¿Bajo qué circunstancias geofísicas ocurren preferentemente y cómo puede describirse los?
4. Correlación de TEC con variaciones estacionales de la actividad solar. ¿Qué tan buena es la correlación entre TEC y radiación EUV medida a bordo del satélite CORONAS?
5. Base de datos para un modelo ionosférico semiempírico de TEC. ¿Pueden los perfiles latitudinales ser utilizados con propósitos de modelación?
6. Validación de las técnicas que usan GPS. ¿Cuál es la desviación obtenida entre mediciones de TEC derivadas del GPS y la red TECUA?
7. Verificación del efecto de la Anomalía Invernal Nocturna y su simultaneidad con el hemisferio Norte.
8. Topografía por Computadora de la Región de Cresta Ecuatorial.

Como vemos todos los objetivos antes enunciados son de sumo interés para el avance científico en esta rama de la ciencia.

4. Actividades más importantes desarrolladas durante el proyecto

Inicio del proyecto

El proyecto da inicio cuando la contraparte Alemana, que era la responsable de conseguir los receptores Transit, se aboca a esta tarea. Esta actividad comenzó en octubre de 1992, con la compra de dos receptores por el GKSS / IB.

Paralelamente a la búsqueda de los equipos para el proyecto se comenzó con la etapa de desarrollo de software y hardware que se utilizaría en el TECUA.

La etapa de prueba y calibración de equipos se realizó durante una Campaña de medición en Europa (entre mayo y noviembre de 1993). Esto proporcionó la oportunidad de desarrollar el software de observación de la Ionósfera en corto y largo plazo dentro del programa de cambio global.

En el IEMA se llevó a cabo actividades vinculadas a: proveer de un laboratorio de mediciones, ubicación de los equipos dentro de la Estación de Packet Radio de la Universidad de Mendoza y tareas de gerenciamiento relacionadas con el proyecto.

En lo que respecta al TECUA el IEMA actuaba como la estación "Maestra". Debido a esto se tenían las siguientes responsabilidades: gerenciamiento del proyecto, recolección de los datos de las demás estaciones, coordinación de estas tareas, pre procesamiento de los datos y envío de los datos pre procesados a Alemania.

Reunión de lanzamiento en Neustrelitz. Alemania

La reunión se mantuvo durante los días 25 y 26 de mayo de 1993 en la Estación de Sensado Remoto de la Agencia Espacial Alemana DLR / DFD, en Neustrelitz, donde por primera vez los científicos involucrados en el proyecto TECUA discutieron sobre el espectro total de los problemas relacionados con este proyecto.

El coordinador del mismo, Dipl. Ing. H. Bianchi, presentó a los participantes el proyecto argentino-germanos denominado TECUA. Estaban presentes en esa oportunidad los siguientes científicos: Dr. Jakowski (DLR), Dr. Hartmann (MPAE), Dr. Leitinger (IMGG, Graz) y el Prof. Ing. C. Puliafito (UM).

Durante la sesión plenaria, así como en las exposiciones individuales, se revieron críticamente aspectos relacionados al proyecto TECUA.

Otras contribuciones relacionadas al uso de NNSS y GPS fueron expuestas por los Dr. K. Davies, de Boulder, Dr. J. Klobuchar, de Phillips Laboratories en Hanscom y Dr. L. Wanninger, de la Universidad de Hannover.

El instituto IMGG de Graz proporcionó un receptor geodésico modificado NNSS, en el que se comprobó que las soluciones preliminares de hard y software eran satisfactorias.

Según se acordó en la reunión se instaló **otro receptor en Praga**, que sumado a los de Graz y Lindau proporcionarían **valiosos datos** en la etapa de calibración.

Se estableció como ubicación definitiva **de la tercera estación** a la base Alte. Zar en Trelew, Pcia. de Chubut.

Reunión en Graz

Esta reunión se mantuvo con los participantes en el proyecto TECUA en la ciudad de Graz, Austria, los días 25 al 29 de octubre de 1993.

En esa oportunidad participaron los siguientes científicos: Dr. N. Jakowski, DLR, Neustrelitz, Dipl. Ing. H. Kugland, DLR, Neustrelitz, Ing. R. Inzirillo, U. M., IEMA, Dr. R. Leitinger, IMGG, Ing. R. Maderbacher, IMGG, W. Rothleitner, IMGG, Dr. G. Kirchénstast, IMGG, Dr. E. Feicher, IMGG, H. Pietsch, IMGG.

En dicha reunión se discutieron asuntos relacionados específicamente con aspectos técnico del proyecto, en lo que respecta a las correcciones a los programas de procesamiento y adquisición de datos, y a la infraestructura necesaria para montar los equipos receptores en cada estación, así como el manejo de datos internamente y de parte de los operadores de los equipos.

Se propuso la ubicación del cuarto receptor en el Norte de Argentina.

Reunión de lanzamiento en Mendoza

El día 4 de abril de 1994 se realiza la reunión de lanzamiento oficial del proyecto TECUA en Argentina (Mendoza) con la participación de los colegas alemanes, austríacos, y argentinos.

En esa oportunidad participaron los siguientes científicos: Dr. N. Jakowski, DLR, Alemania, Dipl. Ing. H. Kugland, DLR, Alemania, Dr. R. Leitinger, IMGG, Austria, Ing. R. Maderbacher, IMGG, Austria, Ing. J. L. Puliafito, U. M., IEMA, Prof. Ing. J. Favier, U. M., IEMA, Ing. R. Inzirillo, U. M., IEMA, Ing. J. D. Puliafito, U. M., IEMA, Prof. Ing. C. Puliafito, U. M., IEMA, Arq. A. Estevez, U. M., IEMA, Prof. Ing. M. Gantuz, U. M., IEMA, Prof. Ing. J. L. Quero, U. M., IEMA.

En esta reunión se trataron los aspectos relativos al funcionamiento de la fase operativa del proyecto. Se establecieron las pautas de operación de las estaciones bajo la coordinación del IEMA y la cooperación de las demás instituciones. Se discutieron así mismo las necesidades futuras de financiación y equipamiento para poder realizar eficazmente las futuras

tareas.

Por otra parte, también se planteó la planificación de las actividades de intercambio científico previstas para el año 1994, donde además de la presente visita de los científicos extranjeros, se mencionó la necesidad de un viaje de actualización de investigadores argentinos a Alemania prevista para mediados de año, conjuntamente con la presentación de publicaciones conjuntas en el Simposio Internacional a realizarse en Aberystwyth, Reino Unido, en julio de 1994.

Se refirió también en esa oportunidad a la instalación del receptor de Trelew en la Base Alte. Zar, en la Pcia., de Chubut y la reubicación del cuarto receptor desde Salta a Ushuaia, luego de una campaña de medición.

Las mediciones realizadas desde el día 28 de marzo en adelante coincidieron con una campaña internacional de medición conjunta a lo largo de Sudamérica denominada Pan Am Tec, en coordinación con otras instituciones internacionales, hasta el día 15 de abril de 1994.

Publicación en Asoc. Arg. de Geofísicos

Durante la reunión anual de la Asociación Argentina de Geofísicos, celebrada en la ciudad de La Plata los días 24 al 26 de octubre de 1994, se presentó un paper sobre el proyecto TECUA, donde se describen las características de esta investigación y sus aplicaciones a la geofísica.

El 8 de noviembre de 1994 se produjo en el cono sur un eclipse parcial de sol, fenómeno de gran interés para evaluar las consecuencias de este tipo de fenómenos sobre la ionosfera. Los datos correspondientes a esa fecha están siendo evaluados, para su validación.

Workshop general en IEMA

Entre los días 4 y 6 de abril de 1995 se celebra en las instalaciones del IEMA un Taller de Trabajo acerca de todos los proyectos que se llevan a cabo en el instituto.

A este Taller asistieron, el Dipl. Ing. H. Bianchi, titular de la GKSS / IB de Alemania y una comitiva acompañante. También lo hicieron autoridades de la Universidad: el Sr. Rector, Dr. J.C. Menghini, el Secretario Académico, Dr. C. Massini Correas, la secretaria administrativa Cont. B. Celeste, Autoridades de las distintas Facultades y del IEMA, así como personal de este último y personal representante del CIFOT, CRICYT y del Goethe Institutí Mendoza. Asistió a la reunión el Dr. Ríos como representante de los participantes al TECUA.

En la primera parte se presentaron los distintos proyectos entre ellos el TECUA. En la segunda se discutió acerca del Programa de Cooperación Científico Tecnológico y de Intercambio, relacionados a la región.

Capacitación de Personal de Tucumán

Durante los días 4 y 5 de julio de 1995, el Sr. V. Santillán, asistió a una capacitación intensiva, en aspectos relacionados a la operación del proyecto TECUA y el procesamiento de datos.

El señor Santillán era asistente del Dr. Ríos en Tucumán, durante el transcurso de este entrenamiento se le brindó toda la información necesaria para el desarrollo de los aspectos mencionados en el presente proyecto. Se le entregó herramientas informáticas y manuales explicativos.

Visita a Mendoza

El día 3 de mayo de 1996 se produce el arribo del Dr. Jakowski y del Ing. Kugland a Mendoza.

Los días 6 y 7 del mismo mes se realizó una reunión de trabajo referente al TECUA. En ella se mencionaron aspectos sobre las publicaciones conjuntas realizadas y acerca de la calidad de los datos, que demostró ser buena.

El motivo principal de la visita fue la de colocar el cuarto receptor en Ushuaia, sin embargo se aprovechó la oportunidad para revisar los equipamientos y solucionar eventuales problemas, que pudieran existir, en los equipos de la estación Mendoza.

Dentro de los temas tratados se refirió a la finalización del proyecto. En este aspecto se acordó intensificar la actividad de procesamiento de datos, donde el IEMA colaboraría con la Universidad de Tucumán. Se planificó, además, una estadía de tres meses de un científico argentino en Neustrelitz a fin de acelerar este punto.

Con respecto a las publicaciones, se acordó que la política planteada en la reunión de lanzamiento del TECUA en Neustrelitz en mayo de 1993, se prolongaría por dos años, luego de finalizado el proyecto. Se incluyó la posibilidad de organizar una reunión final donde los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto serían presentados y discutidos.

En principio se consideró el fin de la etapa operacional a fines de 1996, en concordancia con la baja del servicio del sistema TRANSIT (NNS). De no concretarse esto último, se prolongarían las mediciones en el tiempo, al menos hasta mediados de 1997.

Fin del Proyecto

A fines de 1996 se presenta el reporte final oficial del proyecto TECUA ante los organismos estatales de ambos países intervinientes la cooperación bilateral.

El 20 de febrero de 1997 se presenta ante la SECYT el registro final del proyecto TECUA, lo que termina oficialmente su desarrollo.

El día 6 de marzo de 1997 se detecta que las señales transmitidas por los satélites NNS, que aún siguen activos, han sido degradadas completamente, ya que no se reciben los parámetros orbitales de los mismos, fundamentales para el procesamiento de los datos, y sólo se reciben las balizas.

De todos modos, consultados los investigadores en Alemania al respecto, se recomienda seguir con las mediciones.

A raíz de discusiones acerca de la duración de las mediciones se decide continuarlas en Tucumán a cargo de la Institución local y el Dr. Ríos, con los equipos que ellos tienen en su poder.

En Julio se realiza el Simposio Anual Internacional sobre Satélites en Sopron, Hungría, donde se presentó una publicación conjunta de los primeros resultados obtenidos con los datos recabados en el proyecto TECUA.

5. Publicaciones realizadas durante el proyecto

1. **"TECUA Kickoff Meeting"** realizada en Neustrelitz (R.F.A.), 25 y 26 de mayo de 1993. Asistencia del Dipl-Ing. Carlos PULIAFITO.
2. W. PAKULA, D. ANDERSON, M. BEAUDET, P. DOHERTY, J. EICHER, R. FOUGERE, L. HUGHES, R. INZIRILLO, N. JAKOWSKI y otros: **"Initial Total Electron Content results from the Pan America Ionospheric Tomography Campaign"**, International Beacon Satellite Symposium, 11 -15 July of 1994. University of Wales, Aberystwyth, U.K.
3. N. JAKOWSKI, H. KUGLAND, R. LEITINGER, R. MADERBACHER, R. INZIRILLO, V. RÍOS, G. HARTMANN: **"Messungen der Gesamtelektronenzahl der Ionosphere über Argentinien erste Ergebnisse"**. Convención Nacional URSI en Kleinheubach, Alemania, 10 al 14 de Octubre de 1994.
4. N. JAKOWSKI, H. KUGLAND, R. LEITINGER, R. MADERBACHER, R. INZIRILLO, J. L.

- PULIAFITO, V. RÍOS, J. MANZANO, G. K. HARTMANN, J. SMILAUER y otros: **"TEC-Monitoring over Argentina"**. International Beacon Satellite Symposium 11-15 July of 1994. University of Wales, Aberystwyth, U.K.
5. V. RÍOS; N. JAKOWSKI, R. INZIRILLO, J. FAVIER: **"Evaluación del método de dos estaciones para el cálculo de TEC en la ionosfera a partir de mediciones diferencias Doppler con satélites NNSS"**, Conferencia Latinoamericana de Geofísica Espacial, Tucumán - Argentina, 22-26 abril 1996.
 6. V. RÍOS; N. JAKOWSKI, R. INZIRILLO, J. FAVIER: **"Proyecto TECUA. Monitoreo de TEC sobre Argentina"**. Conferencia Latinoamericana de Geofísica Espacial, Tucumán - Argentina, 22-26 abril 1996.
 7. V. RÍOS; N. JAKOWSKI, R. INZIRILLO, J. FAVIER: **"Estimación de gradientes horizontales de ionización a partir de mediciones de diferencia Doppler en tres estaciones Argentinas y su influencia en el posicionado"**, Conferencia Latinoamericana de Geofísica Espacial. Tucumán - Argentina, 22-26 abril 1996.
 8. V. RÍOS, N. JAKOWSKI, R. INZIRILLO, J. FAVIER: **"Estructura latitudinal del TEC sobre Argentina a partir de las primeras observaciones de diferencias Doppler en señales emitidas con satélites NNSS"**, Conferencia Latinoamericana de Geofísica Espacial, Tucumán -Argentina, 22-26 abril 1996.
 9. N. JAKOWSKI, H. KUGLAND, S. SCHLÜTER, Y. RÍOS, R. INZIRILLO, R. LEITINGER: **"Latitudinal TEC profiles over Argentina based on NNSS Differential Doppler measurements during trie period 1994-1996"**, Simposio internacional de satélites balizas, julio 1997
 10. V. RÍOS, N. JAKOWSKI, R. INZIRILLO, J. FAVIER; G. MANSILLA, C. MEDINA: **"Determinación del contenido plasmaférico a partir de mediciones obtenidas con satélites NNSS y GPS"**. Reunión anual de la asociación de geofísicos y geodetas. La Plata, Buenos Aires 24 al 26 de octubre de 1994.
 11. V. RÍOS, N. JAKOWSKI, J. FAVIER y C. MEDINA: **"Determi-na-tion of Horizontal Gradients of Ionization over Argentina with Differential Doppler"** Reunión 32 COSPAR Scientific Assembly Nogoya Japón -12 al 19 de julio 1998
 12. J. PULIAFITO: **"Environmental legislation enforcement in Mendoza, experience and challenges"** Vol II Proceedings on the III International Conference on Environmental Enforcement. Naciones Unidas, OEA, EPA (EE.UU.), México Oxaca 1994.
 13. C. CROSKEY, J. OLIVERO, E. PULIAFITO, J. MITCHEL: **"Rocketmas: A Sounding - rocket- based remote sensing of mesospheric water vapor and ozone"**, ES SP 355 (Proc. 11 th ESA Symposium Rocket and Bailón Programmes & Ruated Research, Montreaux, Switzerland, 1995.

6. Resultados

Se demostró que los modelos ionosféricos no son capaces de dar información respecto a los gradientes en el TEC debido a que, por el proceso de elaboración de los mismos, ellos son eliminados. Por lo tanto, los gradientes deberán ser obtenidos a partir de las mediciones.

En particular los satélites Transit permiten observar la dependencia latitudinal y así calibrar mediante las diferencias Doppler la Ionosfera latitudinal.

Los gradientes longitudinales no pueden ser obtenidos con este sistema debido a que las órbitas de los satélites son polares. Estos últimos pueden ser obtenidos a partir de los satélites GPS o de geoestacionarios y de los datos de sondajes ionosféricos o de la combinación de los distintos métodos.

También se pudo observar la estructura latitudinal, para algunos pasajes de satélites, evidenciando la efectividad del método utilizado.

Sin embargo el estudio temporal del TEC se hace más complicado debido a que los satélites no están permanentemente sobre las estaciones de medición y por lo tanto existen pérdidas temporales de datos. Es importante destacar que es la primera vez que se obtienen

resultados de este tipo.

Las observaciones realizadas en Europa mostraron la dependencia latitudinal es casi lineal durante el día. Estos perfiles demuestran la existencia de una brecha nocturna de latitudes medias, que se desplaza a latitudes menores antes del amanecer. El comportamiento diurno de TEC, corresponde al observado mediante polarímetros Faraday en mediciones realizadas en Neustrelitz para condiciones de actividad solar similares.

El valor científico de estos datos depende de su calibración absoluta que puede hacerse mediante los métodos de: Calibración por dos estaciones, por mediciones con polarímetros Faraday o Sondeo vertical de la Ionosfera.

También se pudo verificar (mediante resultados obtenidos por las observaciones de las estaciones de Tucumán, Mendoza y Trelew) que hay una diferencia de longitudes entre las estaciones. En lo referido a la interpretación de los resultados, se debe tomar en cuenta este efecto. Si la dependencia con la longitud, del contenido electrónico total existe, los valores de los mismos, a lo largo de las trazas subionesféricas, son diferentes. En este caso nuestro método solamente dará los valores promedios.

De las gráficas realizadas se puede verificar un buen acuerdo entre las curvas obtenidas por la combinación de las diferencias doppler de dos estaciones, en este caso Trelew y Mendoza, donde se observa también la estructura de pequeña escala, la cual puede observarse en la estación más al sur.

La estructura de gran escala es aproximadamente lineal y por lo tanto los resultados de las evaluaciones para una estación simple están en buen acuerdo y ellos son comparados con **los** resultados de la evaluación combinada.

En nuestro caso la precisión de las evaluaciones doppler diferenciales pueden ser consideradas importantes si se combinan las observaciones de dos estaciones.

Este método no depende de la suposición de la dependencia lineal del contenido electrónico vertical con la latitud (sino de la suposición a priori de otra estructura especial de la ionósfera). Para dar los mejores resultados, la diferencia de longitudes entre las dos estaciones debe ser lo más pequeña posible

7. Conclusiones finales

A la luz de las conclusiones obtenidas, de la cantidad de publicaciones realizadas y de la calidad de las mismas podemos decir que el presente proyecto fue todo un éxito. Lo que demuestra, una vez más, la capacidad de la Universidad de Mendoza, vía el LEMA, para participar de proyectos científicos y tecnológicos a nivel nacional o internacional.

Es importante también destacar la capacidad que posee la estación de Packet Radio, de la Universidad de Mendoza, para realizar proyectos donde se deba realizar la recolección sistemática de datos, como fue el caso del proyecto TECUA.

8. Referencias

BILITZA, D. (editor), International Reference Ionosphere 1990 (NSSDC/WDC-AR&D, 90-22) 11-22, 1990.

DE MENDOZA E, Ionosphere electron content and variation measured by Doppler shifts in satellite transmissions, Journal of Geophysics Research, 67, 23 15-2337, 1962.

HIÑES, C.O., Internal atmospheric gravity waves at ionosphere heights, Can. J. Phys, 38, 1441-1481, 1960.

HOCKE, K., and K. SCHLEGEL, A review of atmospheric gravity waves and traveling ionosphere disturbances: 1982-1995, Ann. Geo-Phys., 14, 917-940, 1996.

HOCKE, K., K. SCHLEGEL, and G. KIRCHENGAST, Phases and amplitudes of TID m

the high latitude F región observed by EISCAT, J. Atmos. Terr. Phys., 58, 245-255, 1996.

HUNSUCKER, R. D., Atmospheric gravity waves generated in high - latitude ionosphere: A review, Rey. Geophys., 20, 293-315, 1982.

JACOWSKI, N., Communication Prívate, 1996.

KIRCHENGAST, G., HOCKE, K. and K. SCHLEGEL, Gravity waves determined by modeling of traveling ionosphere disturbances in incoherent - scatter radar measurements. Radio SCI., 30, 1551-1567, 1995.

KIRCHENGAST, G., HOCKE, K. and K. SCHLEGEL, The gravity waves TID relationship Insight via theoretical model-EISCAT data comparison, J. Atmos. Terr. Phys., 58 233-243, 1996.

KLOBCHAR, J. A., D. N. ANDERSON. G. K. BISHOP, and P. H. DOHERTY, Measurement of trans-ionospheric propagation parameters in the polar cap ionosphere, in Proceeding of International Beacon Satellite Symposium, URSI/COSPAR, 1986.

LEITINGER, R., G. SCHMIDT, and A. TAURIAINEN, An evaluation method combining the differential Doppler measurements from two stations that enable the calculation of the electrón content of the ionosphere, Zs. Geophysik 41, 201 -213, 1975.

MURO, G. H., Short period changes in the F región on the ionosphere, Nature, 162, 886- 887, 1948.

MURO, G. H., Traveling disturbances in the ionosphere, Proc. R. Soc. London, Ser. A, 202, 208-223, 1950.

PAKULA, W.A., et al., Initial Total Electron Content Results from Pan American Ionosphere Tomography Campaign, in Press.

ROSS W.J., The determination of ionosphere electrón content from, satellite Doppler measurements, 1. Method of analysis, Journal of Geophysical Research, 65, 2601 - 2606, 1960.

9. Agradecimientos

Por último quiero agradecer a la Universidad de Mendoza (UM) representada por su Rector Prof Dr. Juan Carlos Menghini y al Max Planck Institut fur Aeronomie (MPAE) y especialmente a la **Cooperación Científica y Tecnológica entre Argentina y Alemania** por el financiamiento del presente proyecto. En particular un agradecimiento especial para el Dipl. Ing. Helmut Bianchi (GKSS-Internationales Buró at Geesthacht).

También quiero agradecer, especialmente, al Dr. Ing. Enrique Puliafito, Director del IEMA, y al Prof. Ing. Carlos Puliafito (Investigador del IEMA) por el apoyo prestado para llevar a feliz término este proyecto.