

## COMPORTAMIENTO DE UN DETECTOR FOTOVOLTAICO EN DISTINTAS CONDICIONES

Roque Lopardo, Mónica García, Gustavo Atienza  
Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales  
Departamento de Energía No-Convencional  
División Energía Solar  
Av. Mitre 3100 - 1663 - San Miguel - Bs.As.

### Resumen

Con el fin de conocer y mejorar la cota de error en las mediciones de la red solarimétrica, se efectuaron distintas experiencias. En este trabajo se describe el comportamiento de un sensor fotovoltaico, respecto a los detectores convencionales de principio termoeléctrico como ser: Eppley y Kipp & Zonen. Se muestran curvas de la variación de las constantes de estos sensores a lo largo del día, obtenidas en días despejados en lugares situados a nivel del mar y a 3500 m. de altura. También se presentan los valores integrados de la radiación en días normales logrados simultáneamente con los tres solarímetros. Se describen las mejoras realizadas al sensor fotovoltaico como también su comportamiento en el banco óptico.

## PERFORMANCE OF A PHOTOVOLTAIC DETECTOR UNDER DIFFERENT CONDITIONS

Different experiments were carried out in order to determine and to lower the magnitude of the error limit in the measurements performed at the stations of the Argentine Solarimetric network.

In this paper the performance of a photovoltaic sensor is described, in comparison with the conventional Eppley and Kipp & Zonen, thermoelectric detectors. Graphs showing the daily variations of the sensor constants are given for clear days, both at sea level and at a height of 3500 m. Integrated values of the radiation over a normal day obtained simultaneously with the three solarimeters, are also presented. Improvements carried out on the photovoltaic sensor and its performance on an optical bank, are described.

## Introducción

Al presentar la nota técnica "Aspectos Técnicos de la Red Solarimétrica" durante la 4ta Reunión de Trabajo de Energía Solar de ASADES, se plantearon algunos interrogantes:

- Como influiría la altura sobre el nivel del mar en la variación de la constante del solarímetro.
- Cual sería la variación de la constante en función del tiempo.
- Como variaría la respuesta del instrumental bajo condiciones reales de trabajo.

Con el objeto de dar respuesta fundadas sobre bases experimentales, se planifico una serie de experiencias que permitieran determinar la influencia de cada uno de estos factores.

Si bien la bibliografía y los usuarios de dispositivos fotovoltaicos recomendaban el uso de estos equipos, se consideró que estos ensayos contribuirían a definir con mayor claridad la cota de error.

## Experiencias realizadas

Verificación de la linealidad en intensidad.

Ley del coseno.

Contraste con un solarímetro Eppley de precisión y con un Kipp- Zonen, en valores instantáneos e integrales parciales.

Influencia de la temperatura.

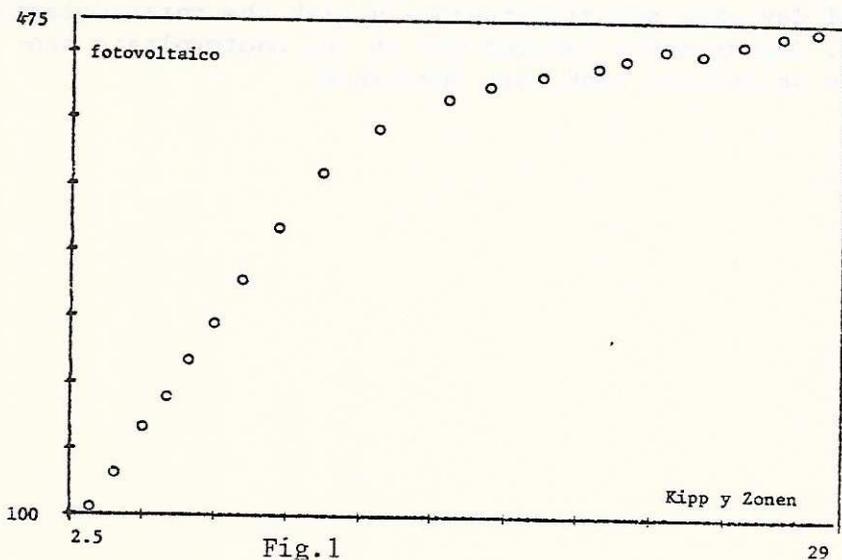
Comportamiento de la constante en función del ángulo zenital

Variación de la constante por la elevación.

Estas experiencias se realizaron en laboratorio en un banco óptico, en campo y en la Estación Experimental del INTA de Abra Pampa (Jujuy) a 3500 m de altura sobre el nivel del mar.

En todos estos casos se usó instrumental de primera calidad y el patrón de medición de radiación solar fue un pirheliometro absoluto de cavidad autocalibrable Kendall.

Linealidad:

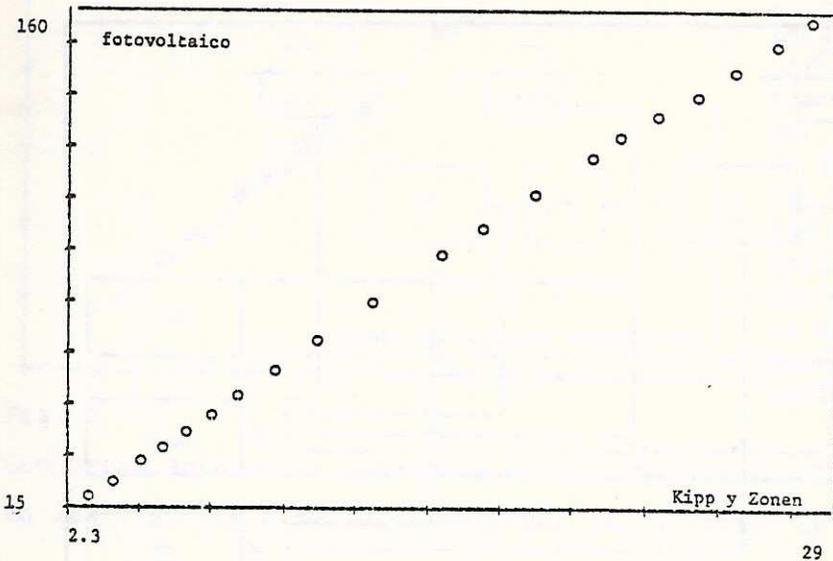


Para verificar la linealidad se realizaron experiencias en banco óptico, usando una lámpara Eppley de 5 KW alimentada por una fuente altamente estabilizada. El detector fotovoltaico se montó sobre un riel graduado y se tomaron los valores de las tensiones de salida en función de la posición del sensor, también se repitió la experiencia con un Kipp-Zonen a las mismas distancias de la

fuerza luminosa, es decir para iguales valores de energía.

Los valores obtenidos del sensor fotovoltaico se graficaron en función de las tensiones del Kipp-Zonen.

En la fig.1 se puede apreciar que para valores bajos de radiación el comportamiento es lineal, no ocurriendo lo mismo para alta energía; este fenómeno no se observa en todos los radiómetros.



Analizándose las curvas anormales se encontró que la causa del defecto se debía a la resistencia "Shunt", optimizando su valor se obtuvieron curvas del tipo que se muestran en la fig.2; es decir que en experiencias de laboratorio estos sensores se comportan linealmente en función de la intensidad luminosa al igual que lo hace un solarímetro termoeléctrico.

Fig.2

Ley del coseno:

Para analizar la respuesta del solarímetro en función del ángulo de incidencia del haz de luz, se montó el sensor sobre una platina giratoria graduada en el banco óptico

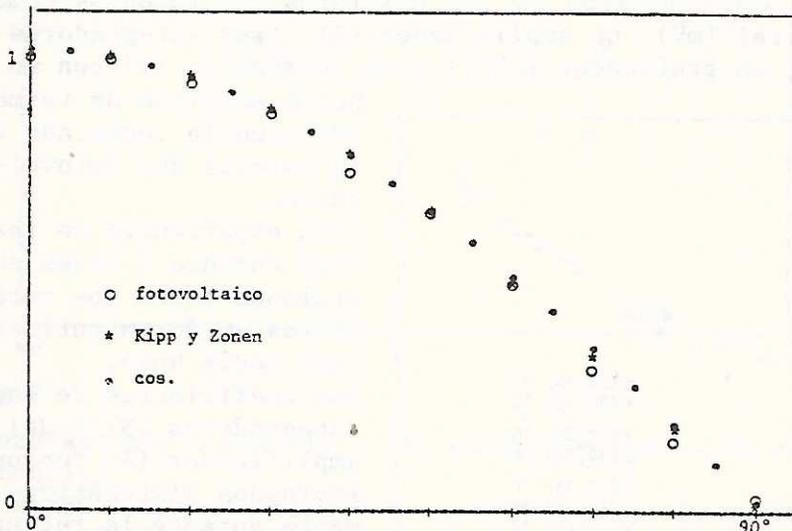


Fig.3

respuesta teórica a la ley del coseno.

En la fig.3 se puede observar claramente la semejanza del comportamiento entre el sensor fotovoltaico y un solarímetro termoeléctrico Kipp-Zonen.

En el eje de la abscisa está representado el ángulo formado por una recta normal al plano sensible del solarímetro y el haz de energía, en las ordenadas  $V_i(\alpha)/V(0)$ ,  $V_i$  es la tensión medida en el ángulo  $\alpha$  y  $V(0)$  para  $\alpha=0$ . Los puntos llenos de la fig.3 representan la

Comparación con un Eppley en condiciones reales de trabajo e influencia de la temperatura:

Para poder observar la evolución del comportamiento de un sensor fotovoltaico en condiciones reales de trabajo, se montaron 4 solarímetros ( 2 fotovoltaicos, un Eppley de precisión y un Kipp-Zonen) en un banco externo, conectados a un panel de control.

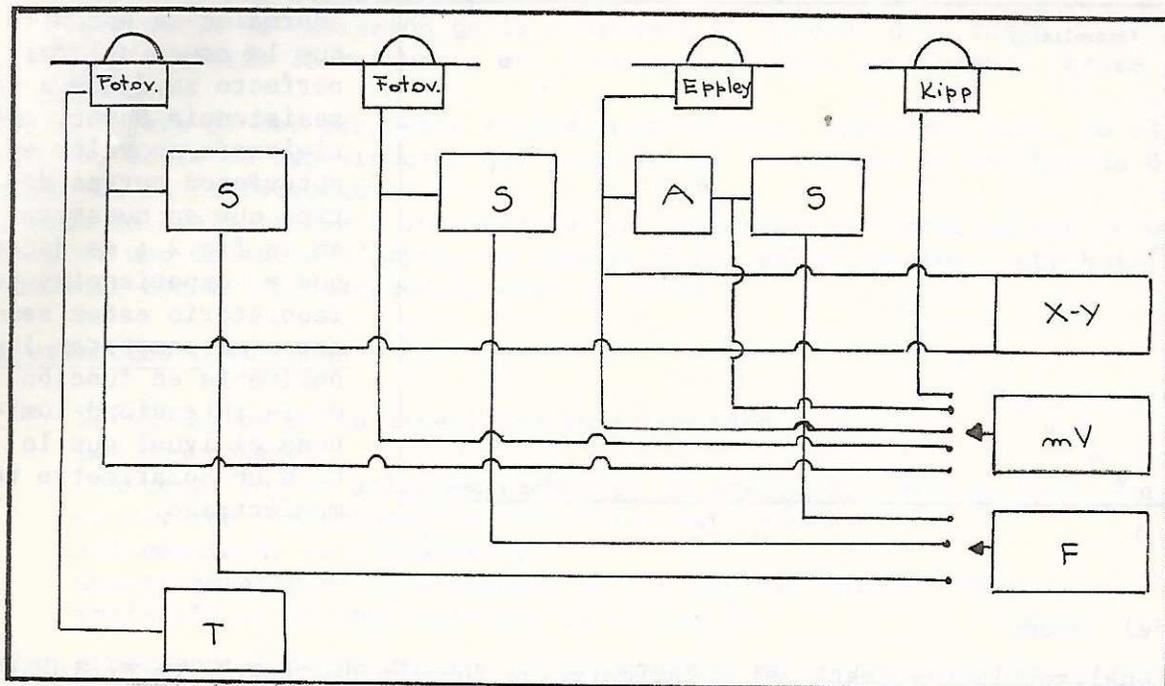
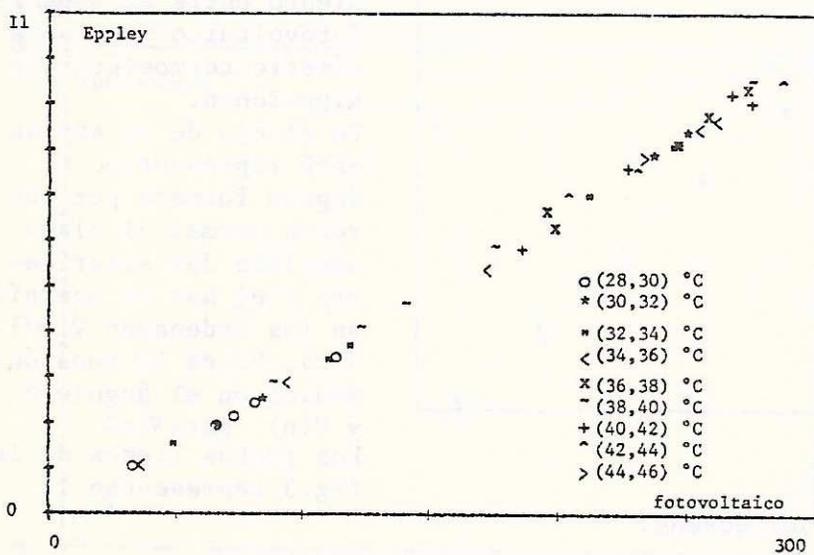


Fig. 4

En la fig. 4 se muestra la interconexión de los distintos instrumentos como ser, un milivoltímetro digital (mV), un amplificador (A), tres integradores (S), un frecuencímetro (F), un graficador ( X-Y) y un termómetro (T) con su



bulbo sensible de termoresistencia conectado a la carcasa del fotovoltaico. Esta experiencia se realizó durante 2 meses controlando todos los parámetros en forma rutinaria cada media hora. Los coeficientes de los integradores (S) y del amplificador (A) fueron revisados sistemáticamente durante la rutina de mediciones. En la fig. 5 se puede apreciar la correlación lineal existente entre un Eppley y uno fotovol-

Fig. 5

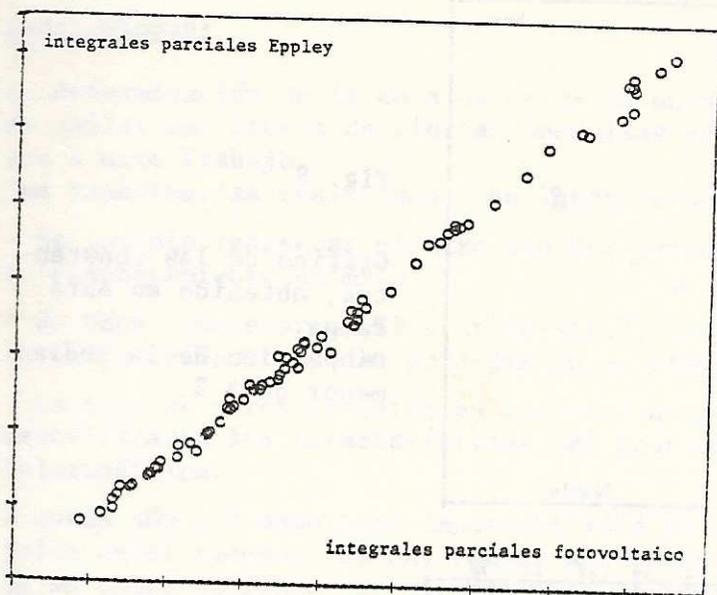


Fig. 6

Comportamiento de la constante en función del ángulo zenital :

En las fig. 7 y 8 se puede observar la variación de la constante de un solarímetro

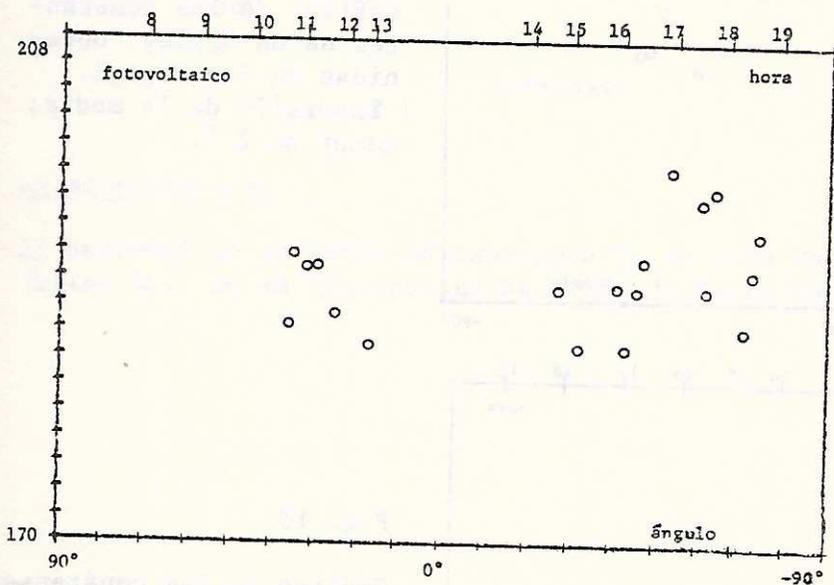


Fig. 7

consejado por I.G.Y. (1). El pirheliómetro usado fue un radiómetro absoluto Kendall.

En ambos casos se produce un corrimiento de la media del orden del 4 %, pero si nos limitamos a las horas de mayor radiación este porcentaje decrece rápidamente casi encajando en la franja de error de propagación en el cálculo de la constante.

No se observa diferencia mayor del 1% en la media, a pesar de la distinta altura sobre el nivel del mar de los lugares en cuestión.

taico y en mediciones instantáneas y bajo distintas condiciones climáticas.

También se observa claramente la independencia de la linealidad con la temperatura de la carcasa del solarímetro. Esta última conclusión es importante ya que el solarímetro Eppley está compensado por temperatura.

En la fig. 6 como era de esperar se puede ver la linealidad existente entre las integrales parciales obtenidas con un Eppley y un fotovoltaico apareadas en el mismo intervalo de integración y para períodos distintos

rímetro fotovoltaico a lo largo del día.

Los valores del gráfico 7 se obtuvieron en San Miguel (Bs.As.) durante los meses de enero y febrero.

Los correspondientes al gráfico 8 pertenecen a Abra Pampa (Jujuy) a 3500 m sobre el nivel del mar, en el mes de febrero.

En ambos casos se contó con óptimas condiciones de radiación y meteorológicas.

El método utilizado para la determinación de la constante es el a-

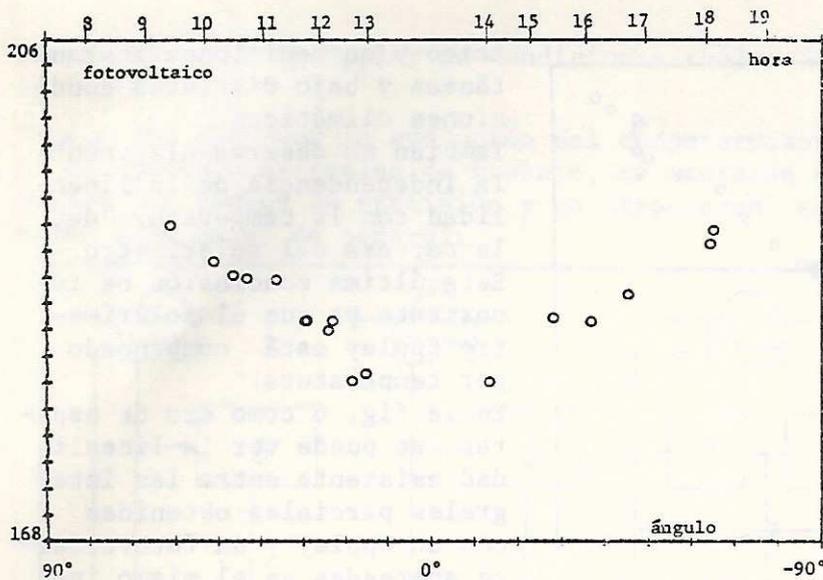


Fig. 8

Gráfico de las constantes, obtenido en Abra Pampa.  
Dispersión de la media: menor de 3 %.

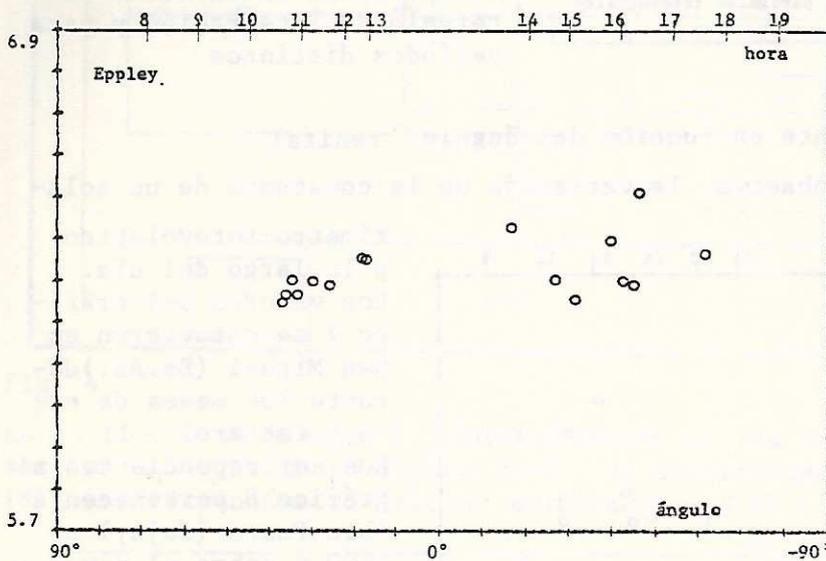


Fig. 9

Gráfico de las constantes de un Eppley, obtenidas en San Miguel.  
Dispersión de la media: menor de 2 %.

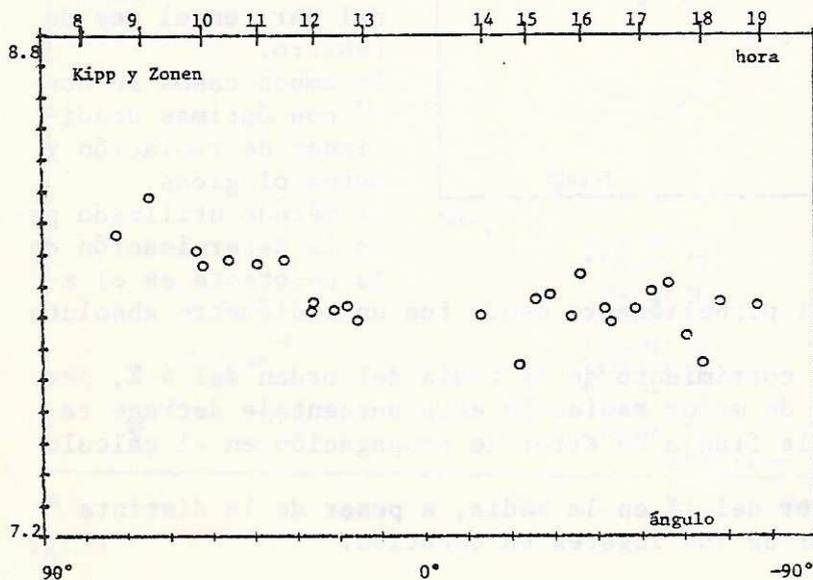


Fig. 10

Gráfico de las constantes de un Kipp- Zonen, obtenidas en Abra Pampa.  
Dispersión de la media: menor de 3 %.

### Conclusiones:

La determinación de la cota de error de un sensor fotovoltaico y el tratar de hallar las causas de ciertas anomalías en su comportamiento dieron origen a este trabajo.

Las experiencias realizadas y su interpretación permiten concluir que:

- Es posible rediseñar el circuito del sensor y eliminar o al menos minimizar su comportamiento anómalo.
- Se hace innecesario calibrar "in-situ"; las diferencias en las constantes de calibración obtenidas para distintas elevaciones es del orden del 1% .
- La cota de error obtenida es inferior a la fijada como límite cuando se especificaron las características del instrumental que debía componer la Red Solarimétrica.
- Queda aún por demostrar la estabilidad de este tipo de solarímetro fotovoltaico en el tiempo. No hay causas aparentes que hagan suponer una variación de su comportamiento, de ser así puede convertirse en un instrumento ideal para la medición de radiación global.

\*\*\*\*\*

1- I.G.Y. "Radiation Instruments and Measurements". Vol.5 Part. VI- Pergamon Press. 1958.

\*\*\*\*\*

### Agradecimientos:

Al personal de la Estación Experimental de Abra Pampa y al Ing. Michel Marcel Julien Gay de la Universidad Nacional de Salta por su valiosa colaboración.