

# Caracterización de Fotomultiplicadores de Silicio (SiPM) para Aplicaciones Espaciales

Tomás E. Ferreira Chase  
(tomaschase96@gmail.com)

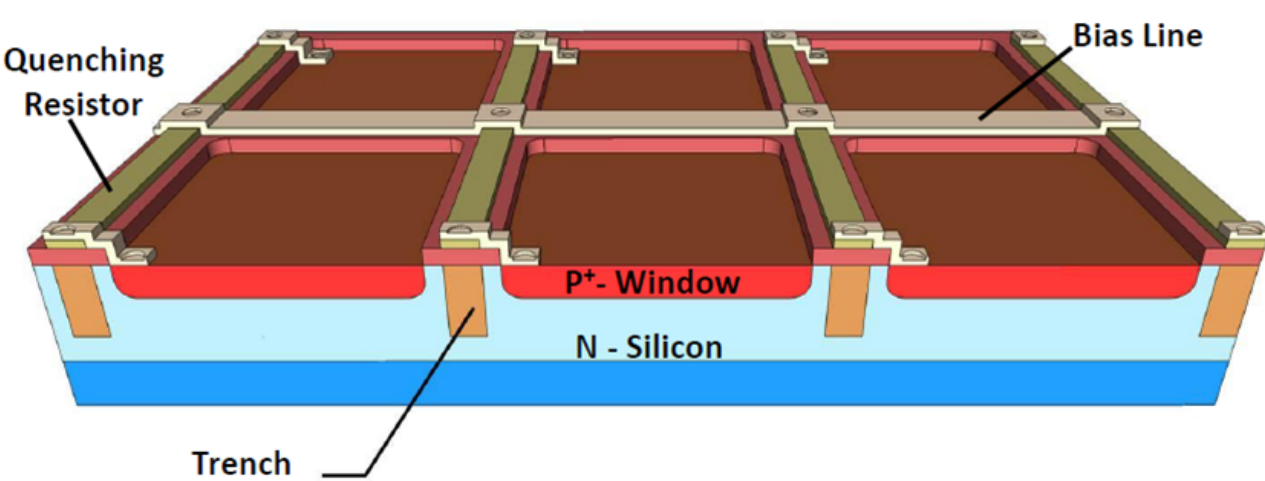
Lucas Finazzi  
(lucasfinazzi.94@gmail.com)

Federico Izraelevitch  
(fhi@unsam.edu.ar)

Departamento de física, FCEyN, UBA  
Laboratorio de Integración Nanoelectrónica (LINE), Escuela de Ciencia y Tecnología, Universidad de San Martín (UNSAM)

## Marco: Proyecto LabOSat<sup>1</sup>

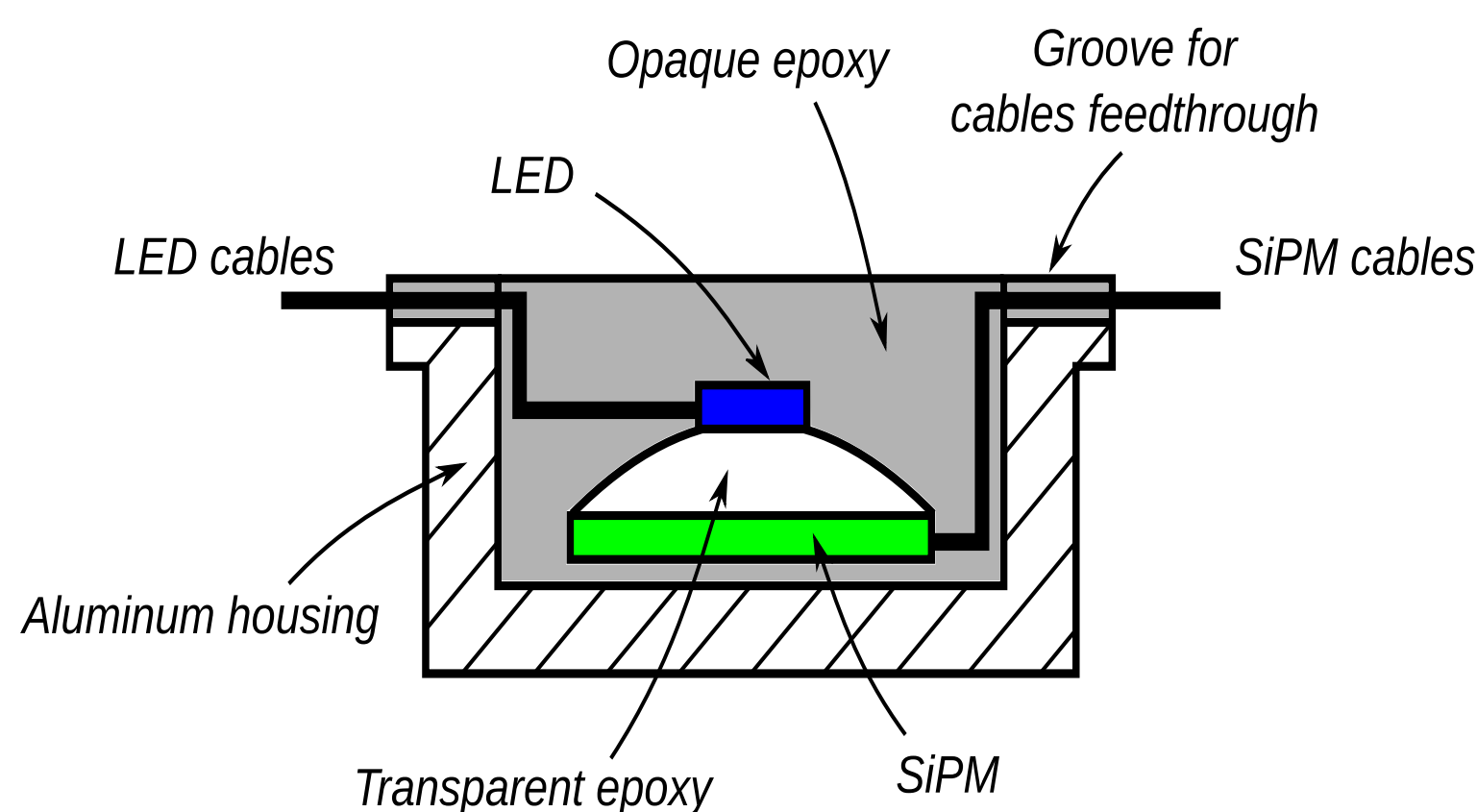
Es una **plataforma electrónica** para llevar a cabo **experimentos en ambientes hostiles**.



En la actualidad se están utilizando para caracterizar memorias no volátiles **en órbita** dentro de satélites de Satellogic<sup>2</sup>. La próxima misión incluirá novedosos **fotomultiplicadores de silicio (SiPM)** Sensl C-Series FC-60035-SMT<sup>3</sup> de **6x6 mm<sup>2</sup>**.

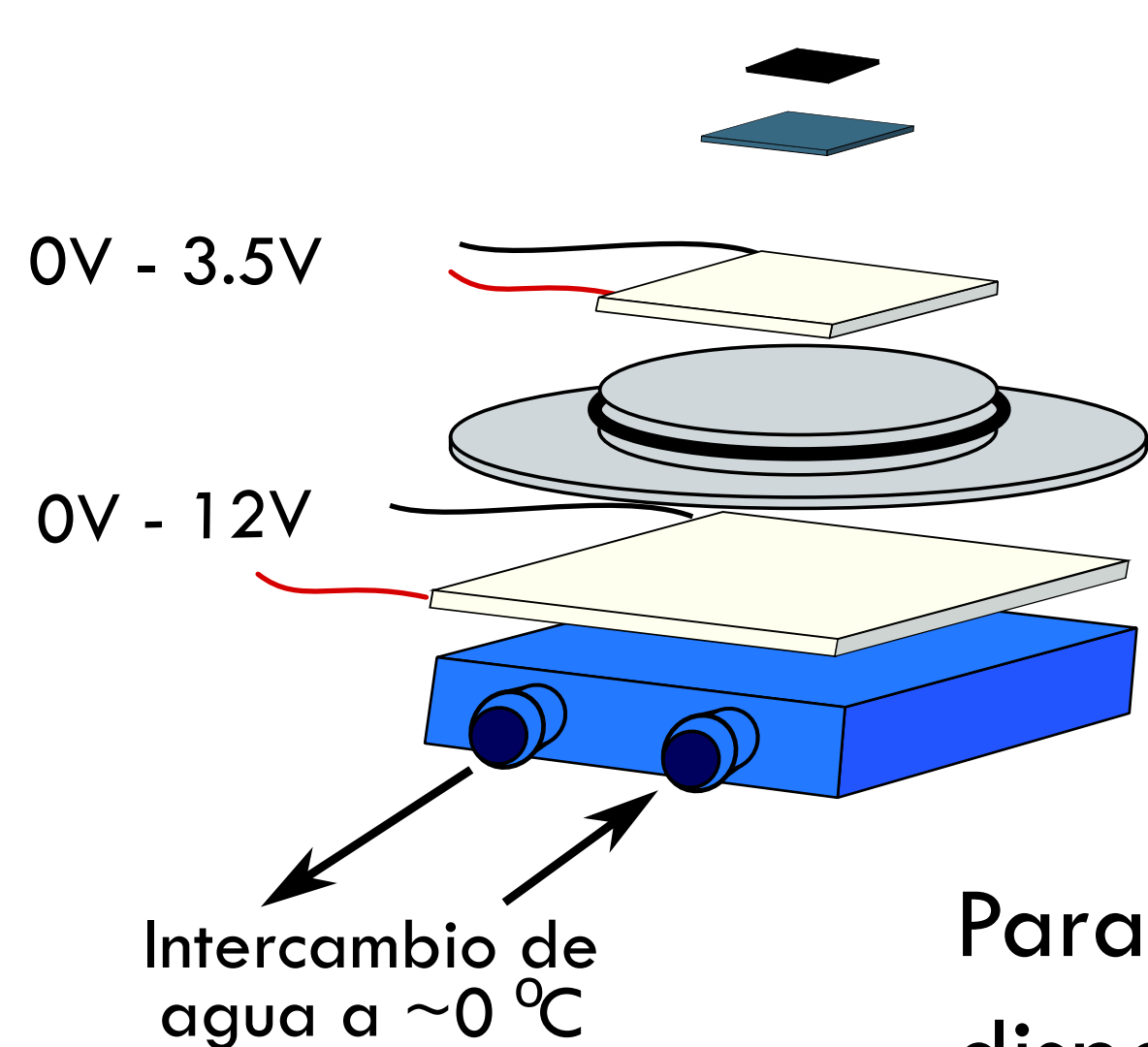
La caracterización permitió diseñar correctamente la electrónica asociada y para comparar con las mediciones en órbita.

## Encapsulado Oscuro



Se fabricaron encapsulados oscuros de 10x10 mm<sup>2</sup> con el SiPM y un LED para poder estudiar el dispositivo a oscuras o iluminado en órbita.

## Dispositivo experimental



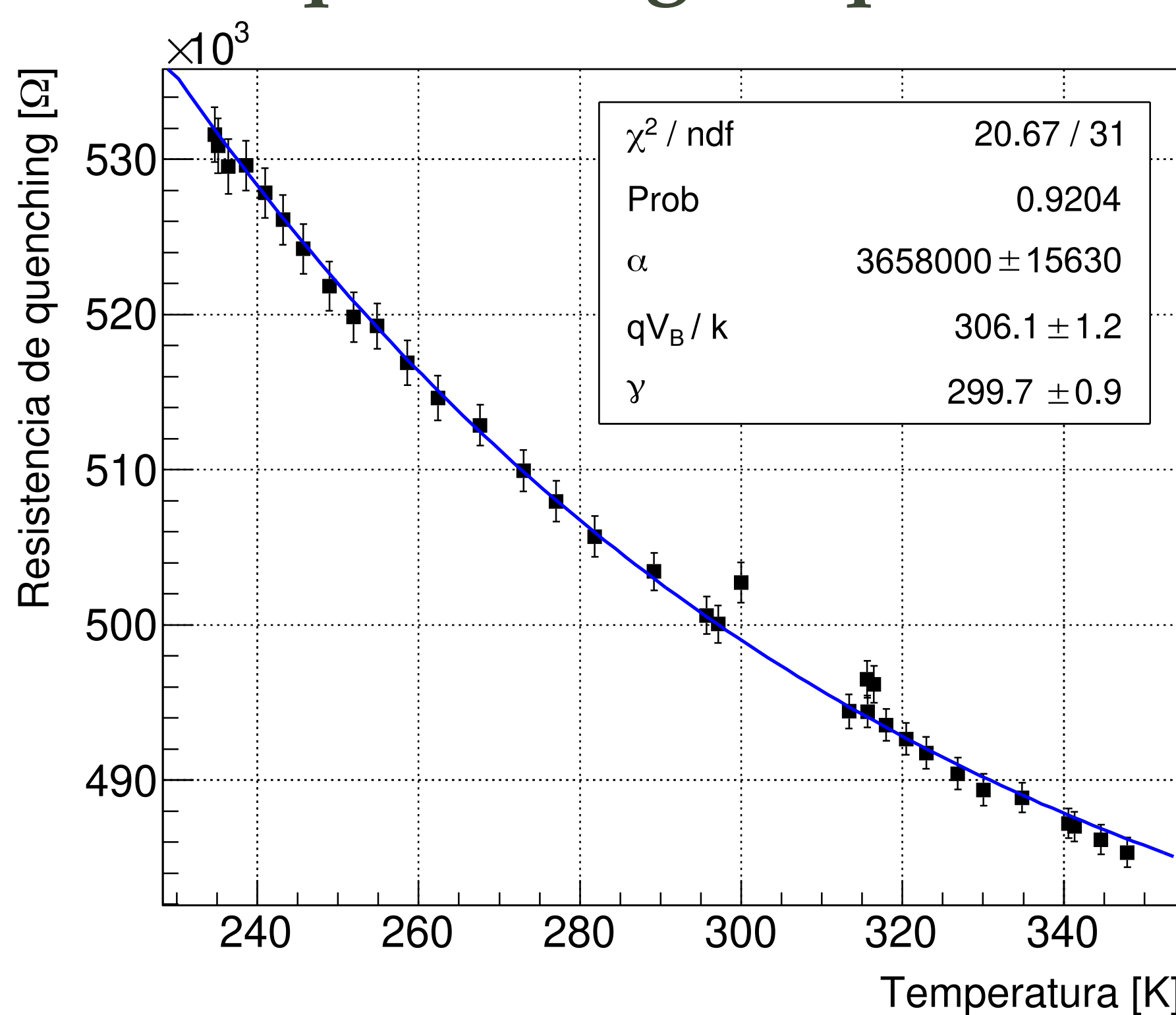
RTD PT1000  
Encapsulado  
Celda Peltier  
TEC1-4905  
Conductor térmico  
(aluminio)  
Celda Peltier  
TEC1-12706  
Radiador

Se usaron dos celdas peltier y un sistema de refrigeración por agua para modificar la temperatura del encapsulado oscuro entre -40°C y 80°C.

Para el control y medición de los dispositivos a estudiar se utilizaron SMU.

## Resistencia de quenching (Rq)

Se obtuvieron curvas I-V a distintas temperaturas del SiPM en polarización directa con el LED apagado. Para cada temperatura, la Rq se calcula a partir de la pendiente de la región lineal en una curva I-V del SiPM.



Conociendo las técnicas de fabricación y las especificaciones deseadas, se supuso que el material de Rq es poly-Si dopado con impurezas P, y se lo ajustó por el modelo<sup>4</sup>

$$R_q(T) = \alpha \frac{\exp(\frac{qV_B}{kT})}{\sqrt{T} \sinh(\frac{\gamma}{T})},$$

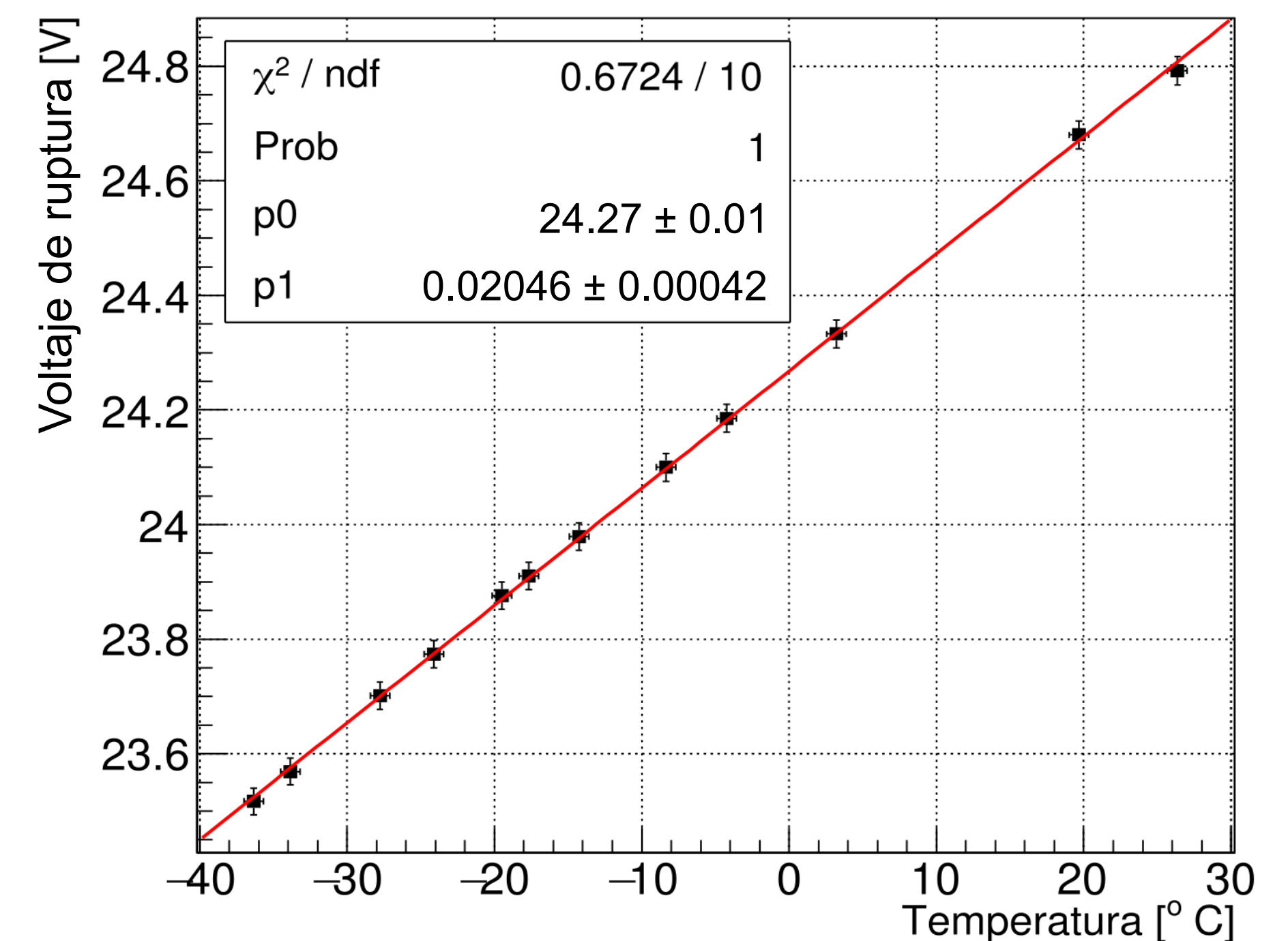
donde  $V_B$  es el built-in potential.

## Voltaje de ruptura (Vbr)

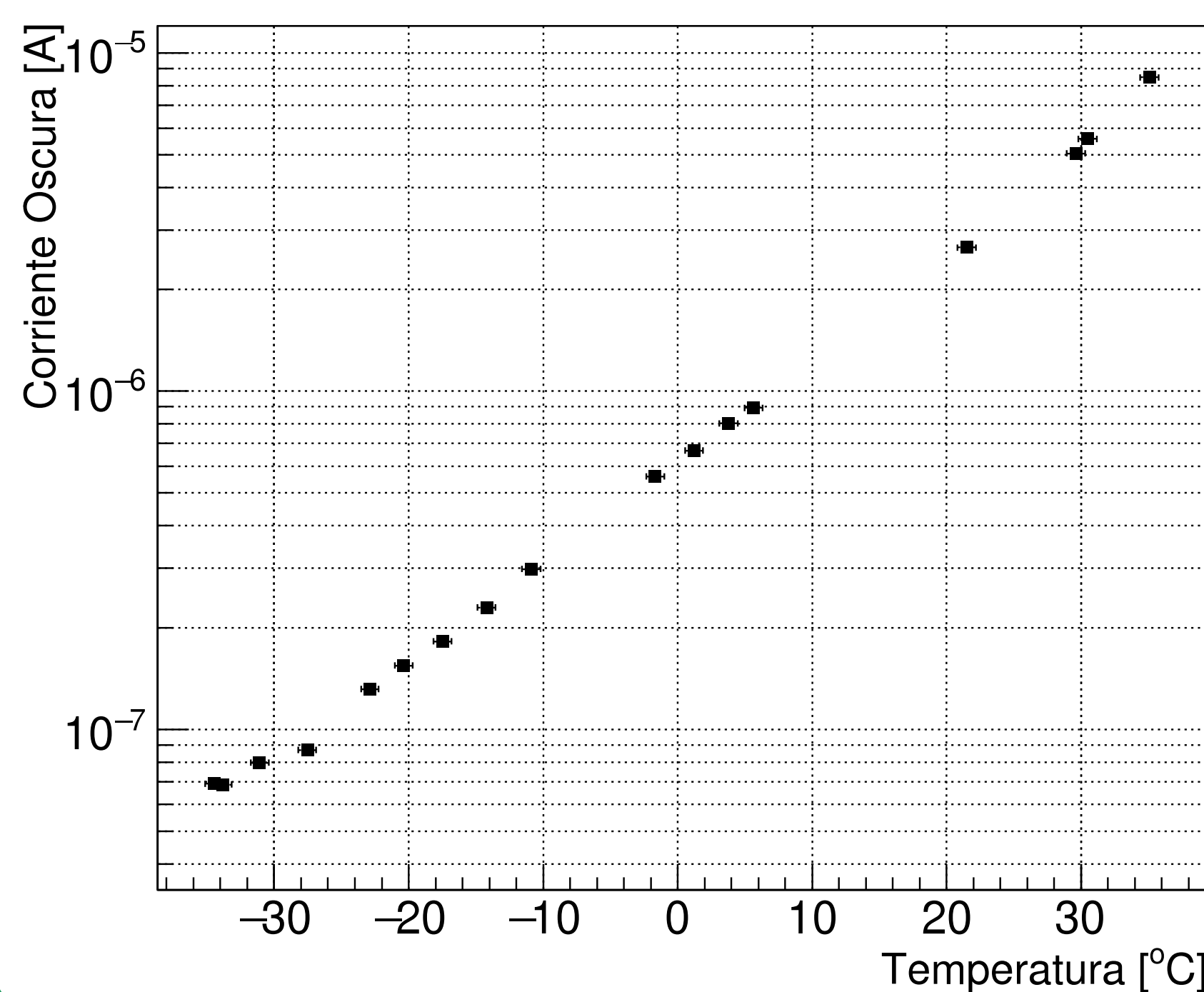
Se obtuvieron curvas I-V para distintas temperaturas con el SiPM en inversa. Para voltajes cercanos luego de la ruptura, se puede modelar la variación de la corriente como<sup>5</sup>:

$$\frac{d[\ln(I)]}{dV} = \frac{2}{V - V_{br}}$$

Se obtuvo una relación lineal entre el Vbr y la temperatura, con una variación aproximada de 20.5 mV por grado.



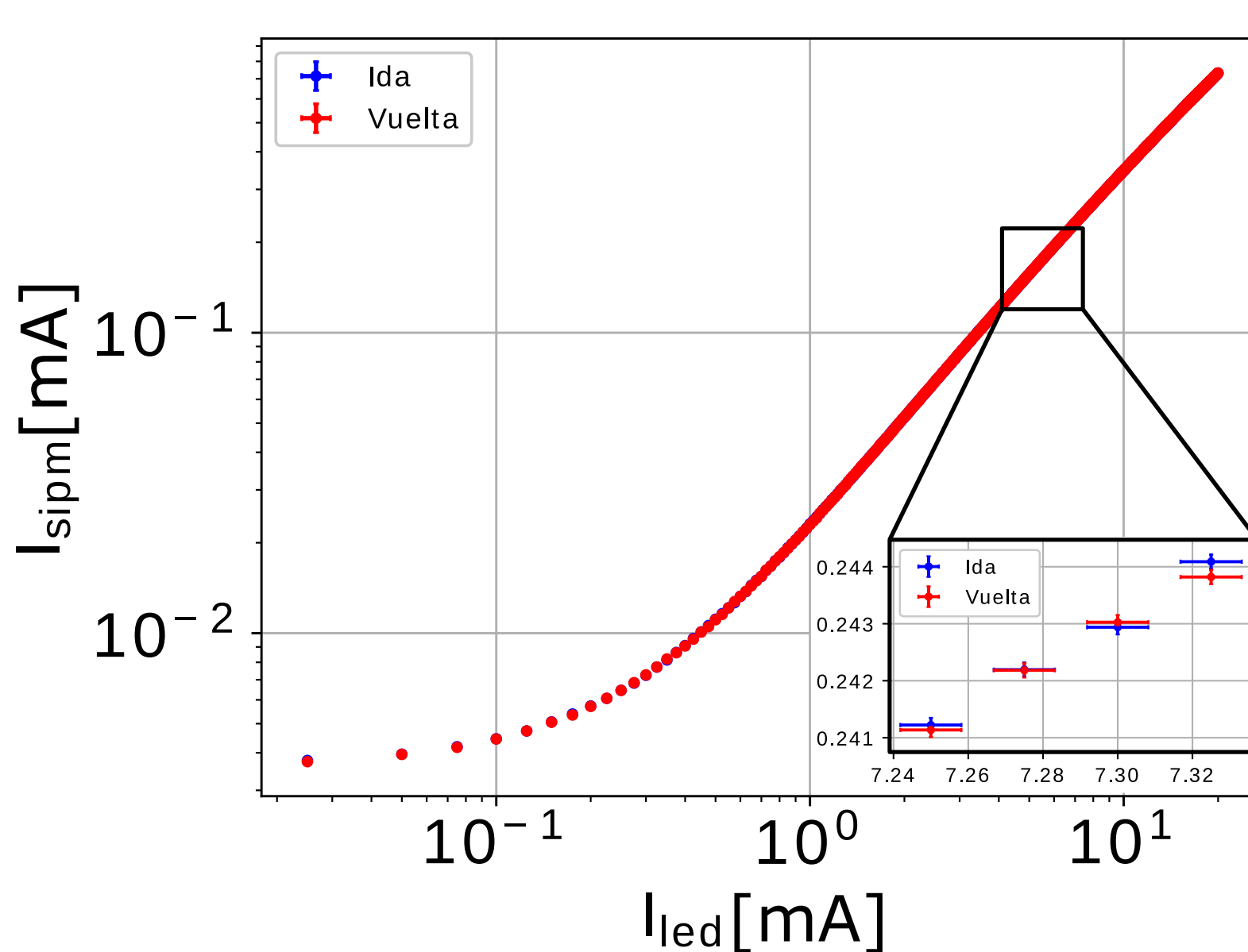
## Corriente oscura



Se midió la corriente del SiPM en inversa a 30 V con el LED apagado.

Estas mediciones se utilizarán como referencia para estudiar una posible degradación del SiPM en órbita.

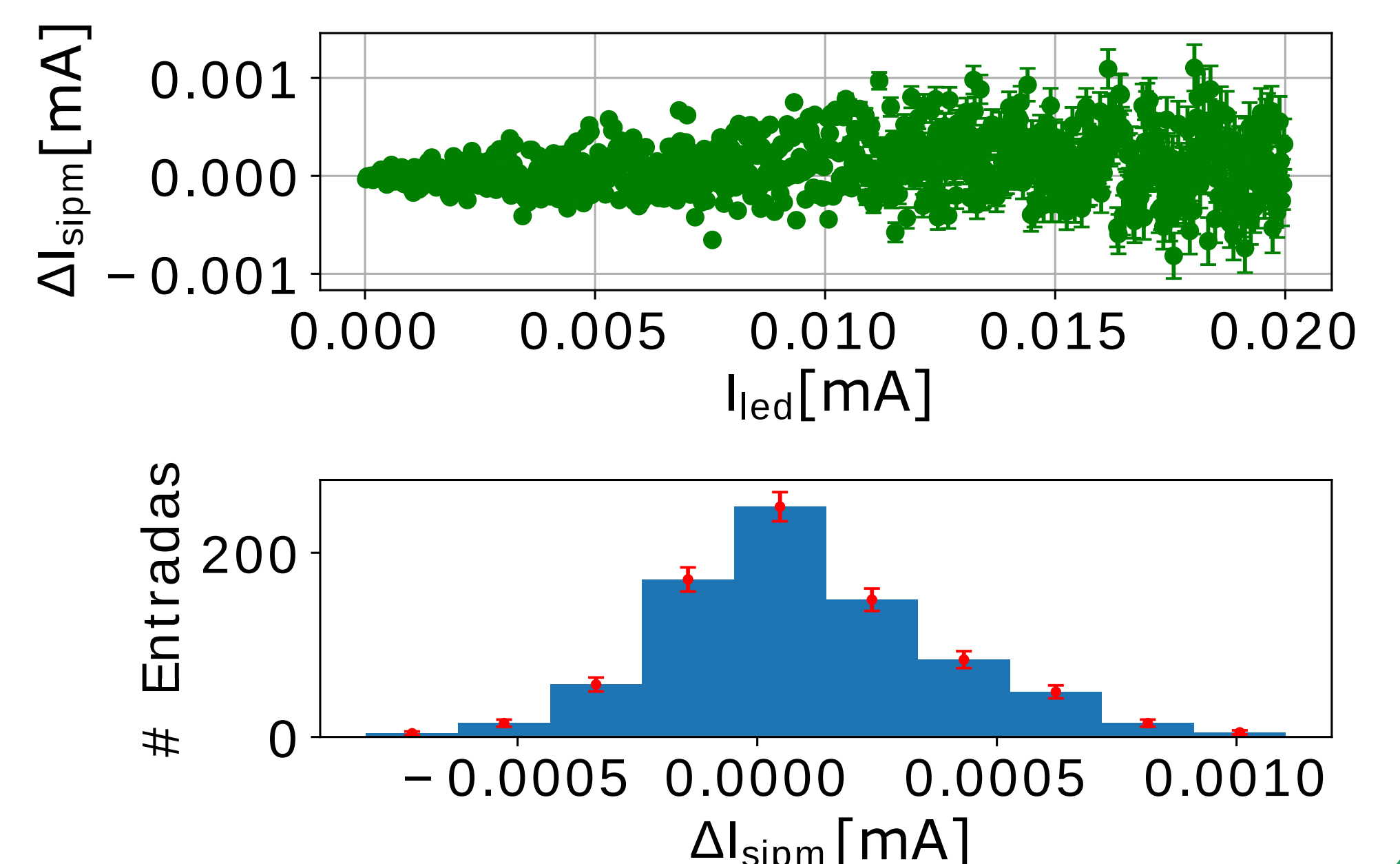
## Curvas I<sub>SiPM</sub> (I<sub>LED</sub>)



Se observó histéresis en los gráficos estudiados.

Mediante un análisis detallado, se observó que ésta era producto de un aumento en temperatura del encapsulado a causa de la disipación de potencia del LED.

Se logró mitigar la histéresis mediante un software de control de temperatura. Se muestra la diferencia  $\Delta I_{SiPM}$  entre la ida y la vuelta.



## Conclusiones

Se desarrolló un protocolo de caracterización de SiPMs que permitirá estudiar cada componente en forma individual antes de ser integrado en las misiones satelitales.

Se tomaron las mediciones que serán referencia para la misión espacial próxima.

Se observó también que el encapsulado se calienta al encender el LED, produciendo una histéresis indeseada. Entender este problema permitirá determinar como se medirá en órbita.

## Referencias

- [1] Proyecto Labosat: <http://labosat.unsam.edu.ar>
- [2] Satellogic: <https://www.satellogic.com/>
- [3] <http://sensl.com/downloads/ds/DS-MicroCseries.pdf>
- [4] Modeling and Optimization of Monolithic Polycrystalline Silicon Resistors, L. Gerzberg et al.
- [5] Characterization of Three High Efficiency and Blue Sensitive Silicon Photomultipliers, N. Otte et al.