

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

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

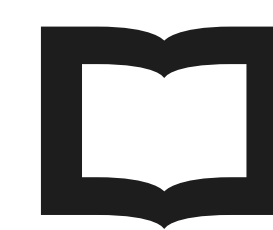
Lucas Finazzi  
(lucasfinazzi.94@gmail.com)

Federico Izraelevitch  
(izraelevitch@gmail.com)

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

LINE  
LABORATORIO DE INTEGRACIÓN  
NANOELECTRÓNICA

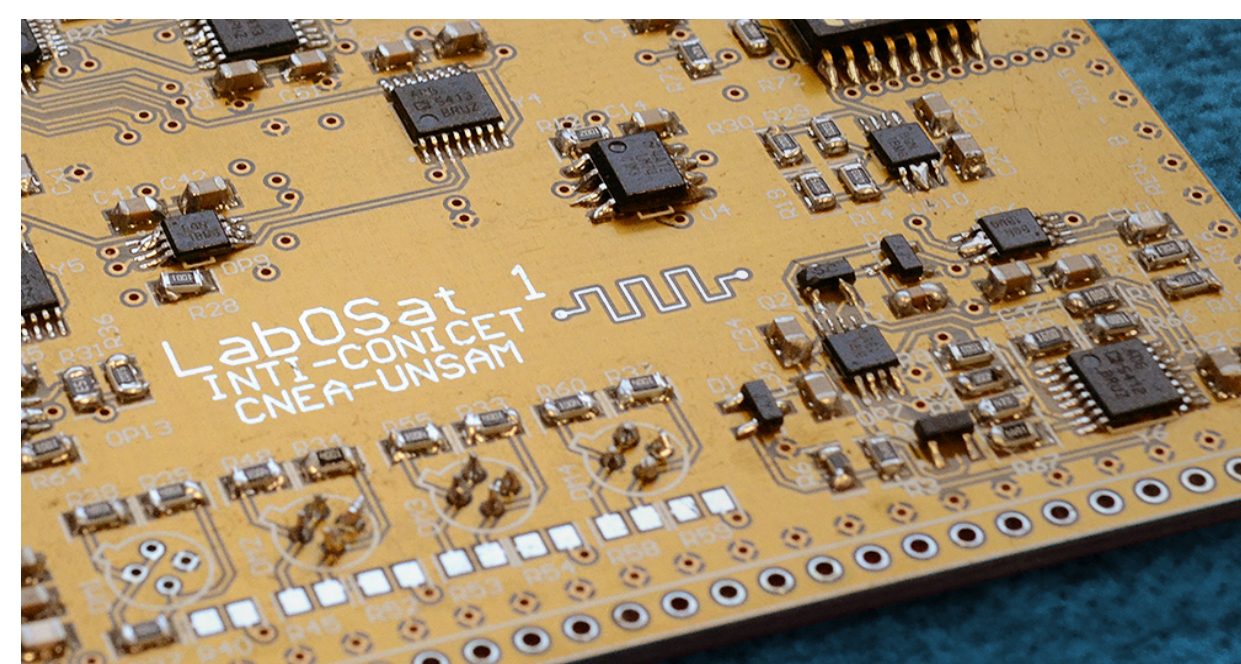
ESCUELA  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTÍN

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

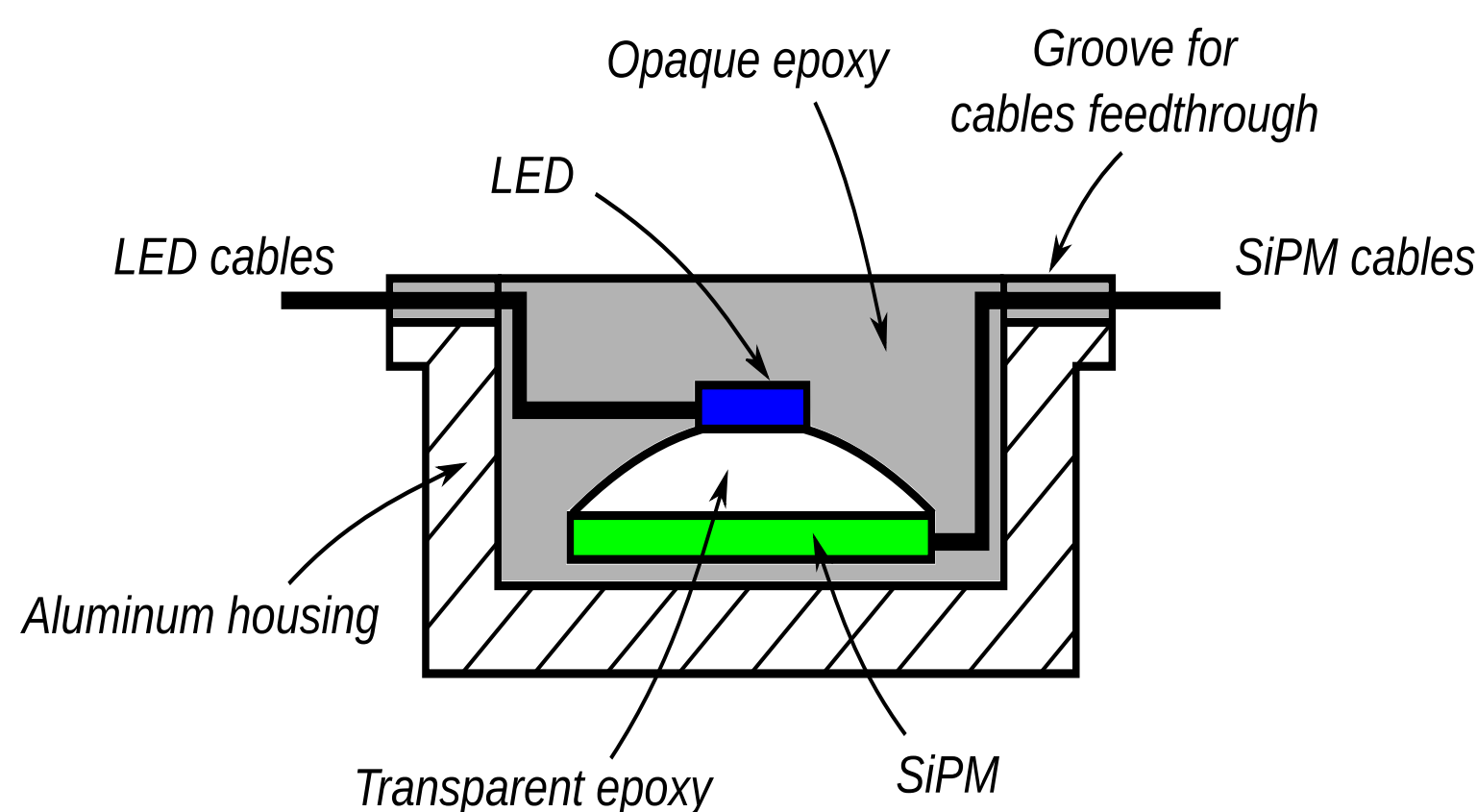
Es una **plataforma electrónica** para llevar a cabo **experimentos en ambientes hostiles**.



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 de **6x6 mm<sup>2</sup>**.

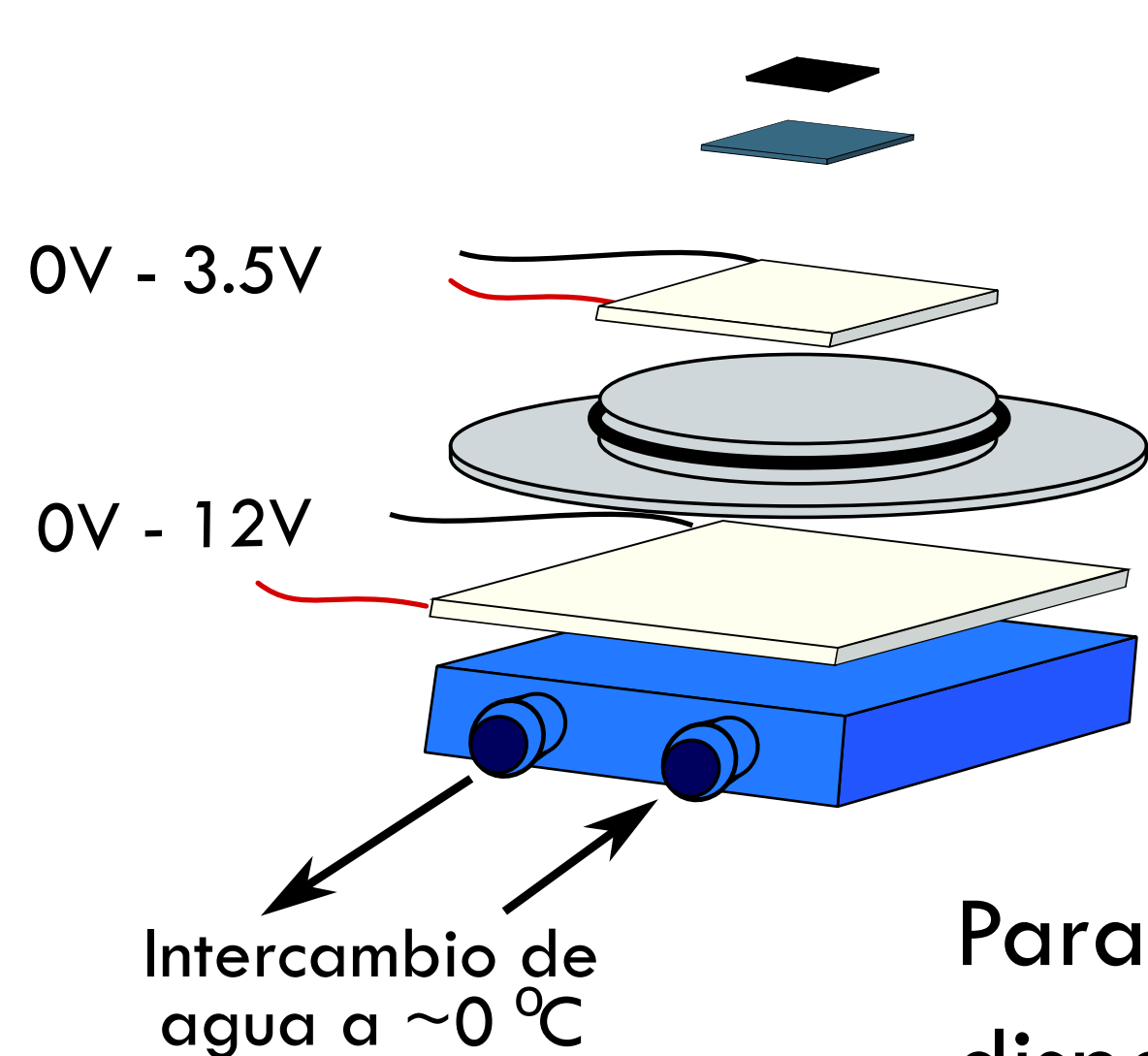
La caracterización permitió diseñar correctamente la electrónica asociada y para comparar con las mediciones en órbita.

## 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



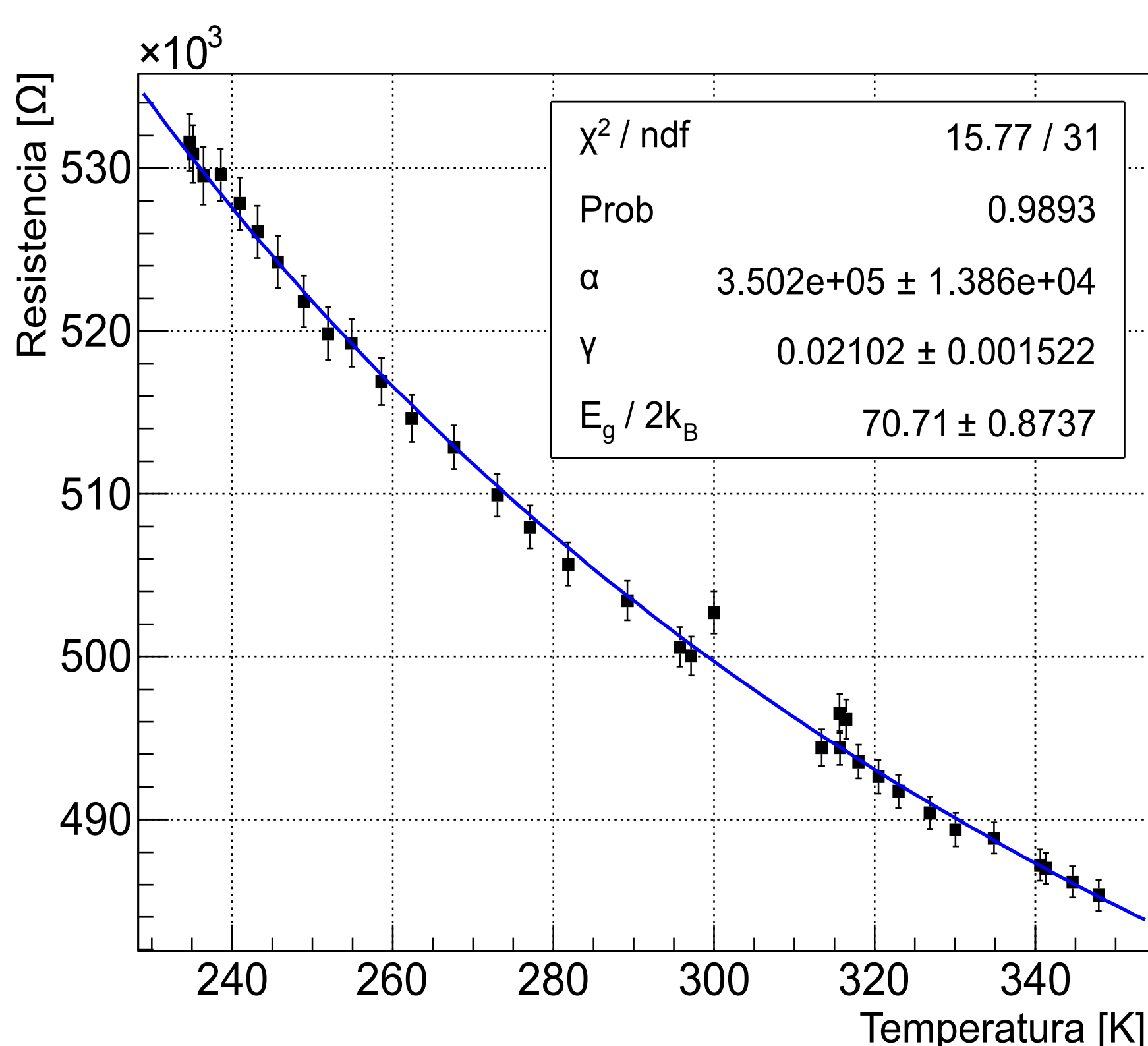
RTD PT1000  
Encapsulado  
Celda Peltier  
TEC1-4905  
Conductor térmico  
(aluminio)  
Celda Peltier  
TEC1-12706  
Radiador

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.



Se supuso que se trata de un semiconductor intrínseco o levemente dopado, y se lo ajustó según el modelo<sup>[4]</sup>

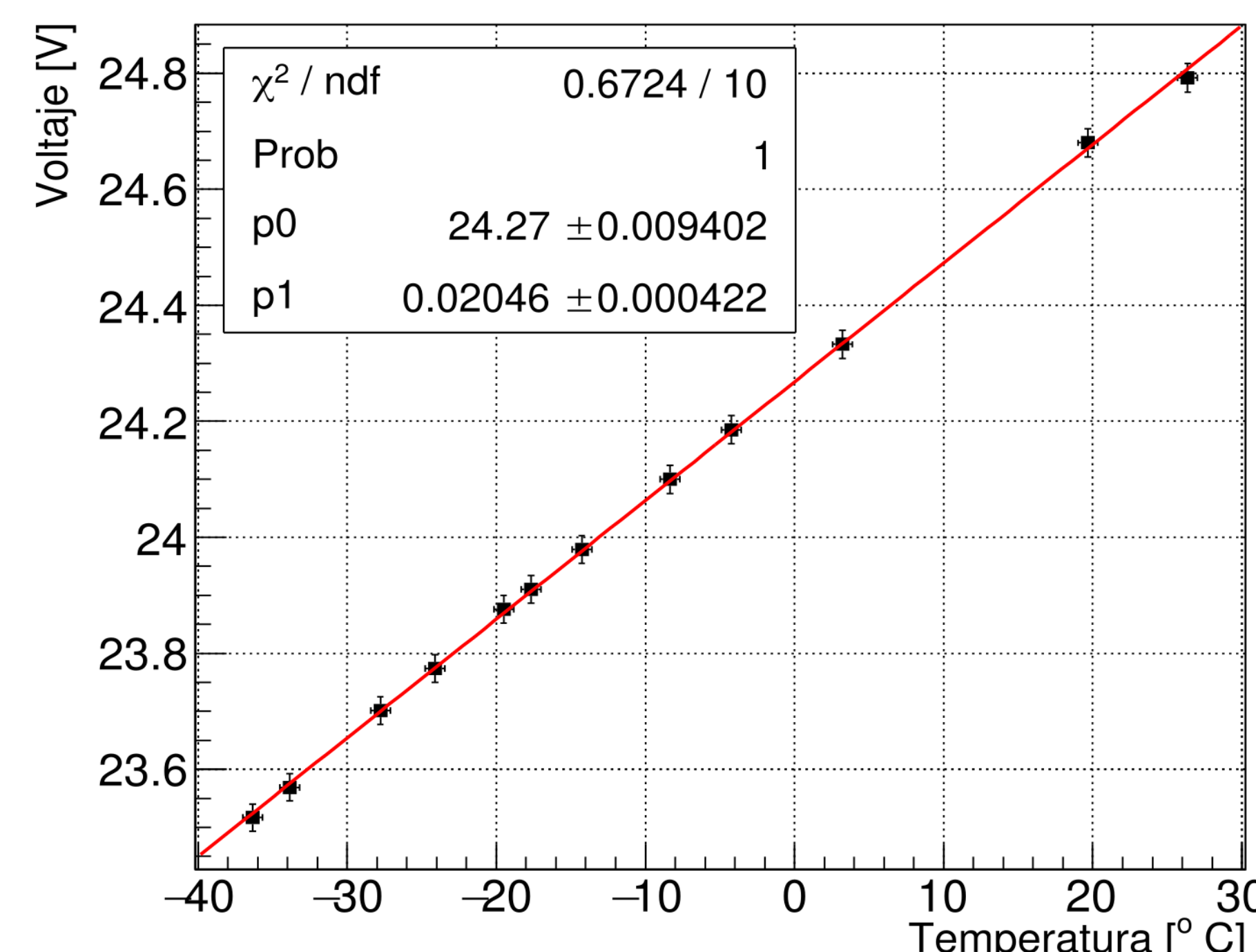
$$R(T) = \alpha T^\gamma e^{E_g / 2k_B T}$$

## Voltaje de ruptura (Vbr)

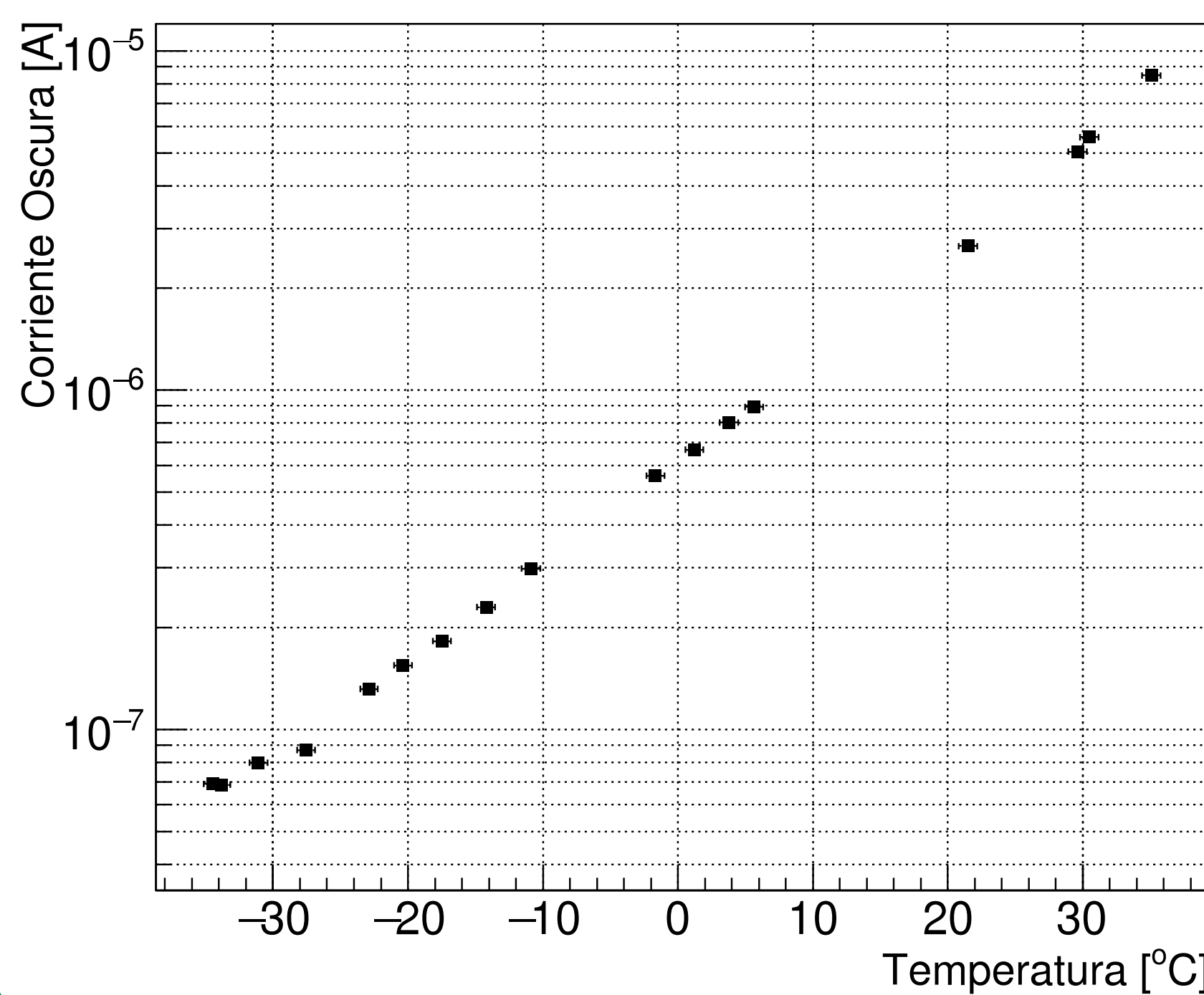
Se obtuvieron curvas I-V para distintas temperaturas con el SiPM en inversa. Para voltajes cercanos luego de la ruptura, se puede modelar la variación de la corriente como<sup>[5]</sup>:

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

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

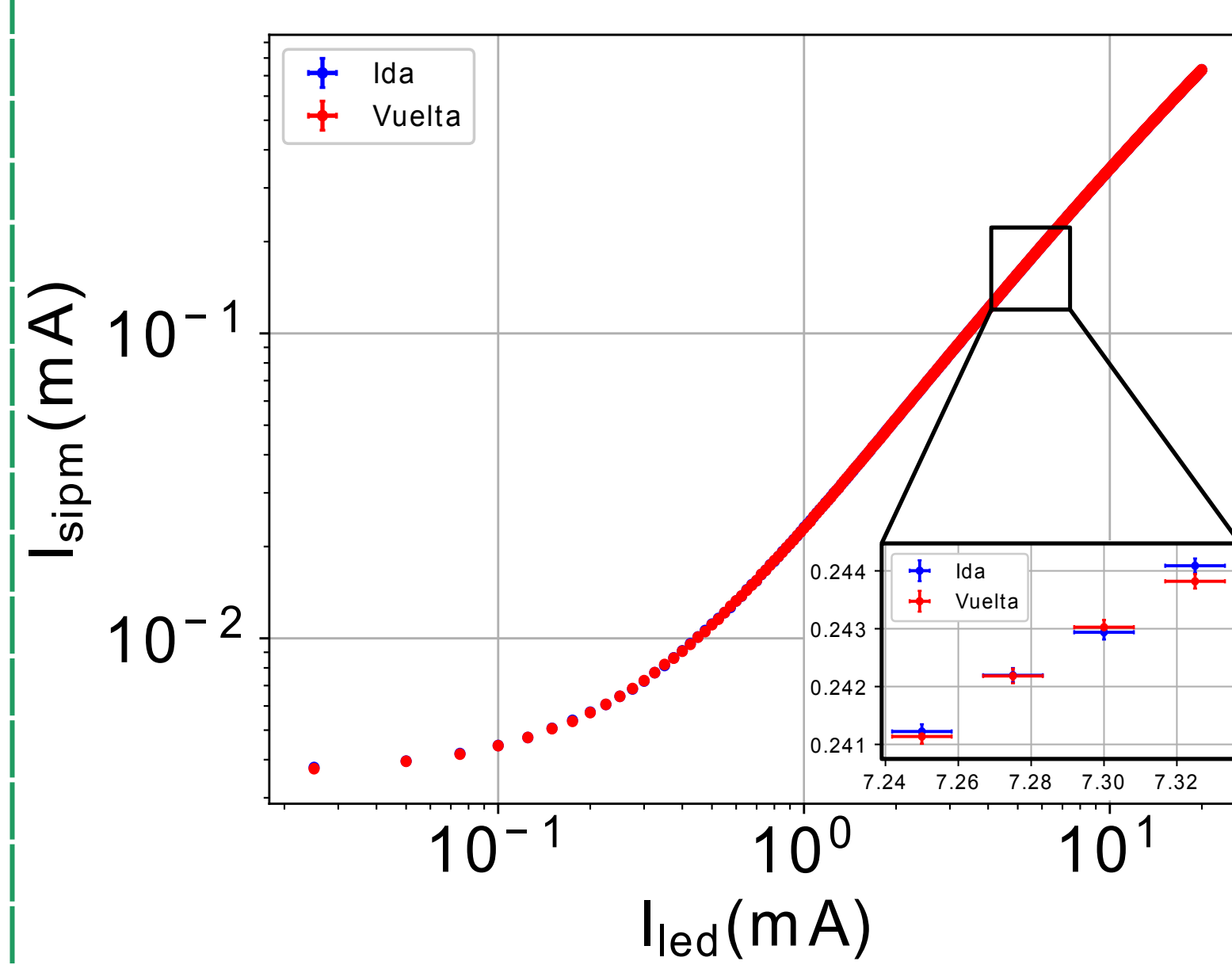


## Corriente oscura



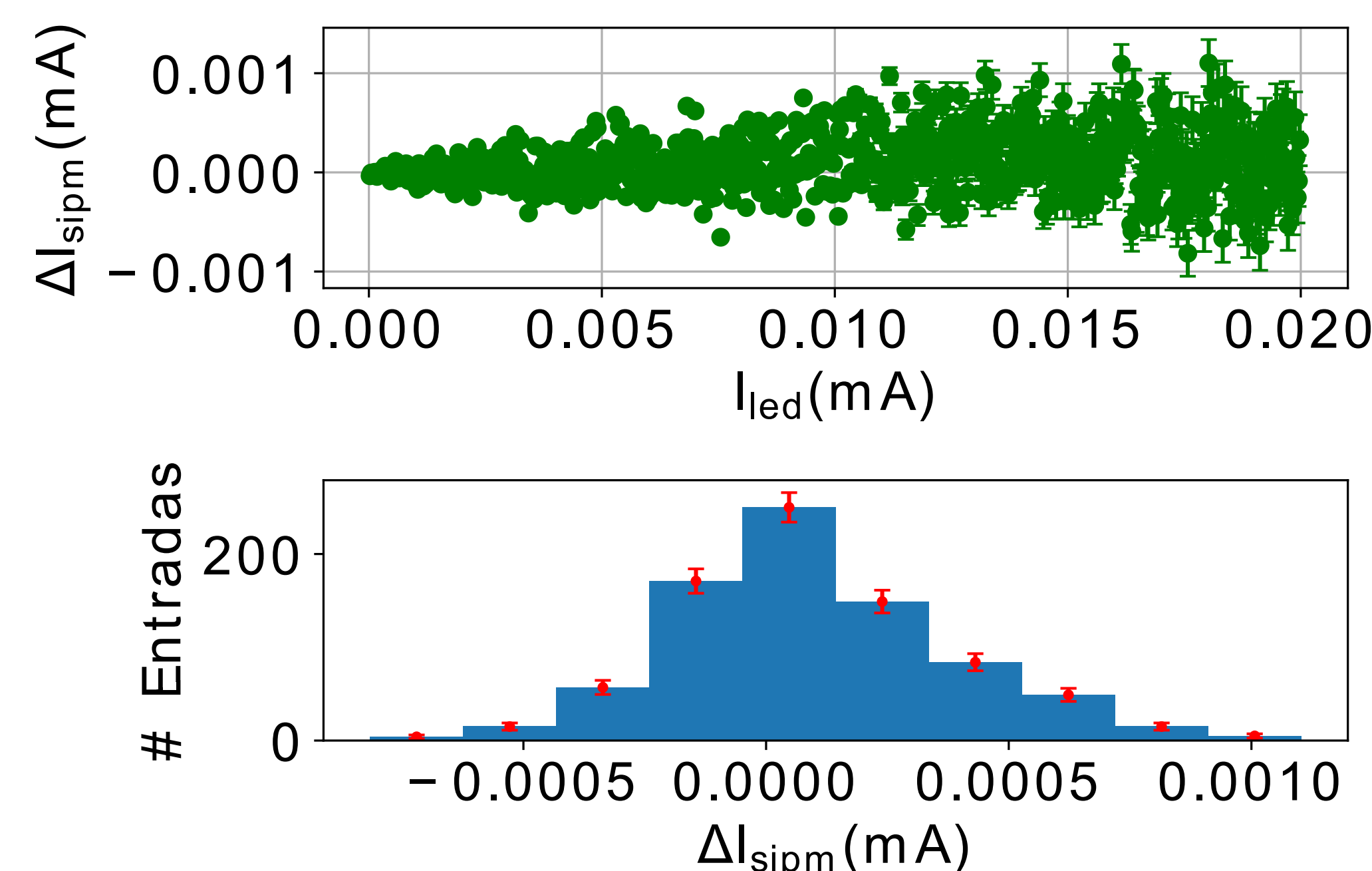
Se midió la corriente del SiPM en inversa a 30V con el LED apagado. Estas mediciones se utilizarán como referencia para estudiar una posible degradación del SiPM en órbita.

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



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 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.

Los parámetros estudiados fueron:

- Resistencia de quenching
- Voltaje de ruptura
- Corriente oscura

## 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] Ashcroft...
- [5] Characterization of Three High Efficiency and Blue Sensitive Silicon Photomultipliers, N. Otte et al.