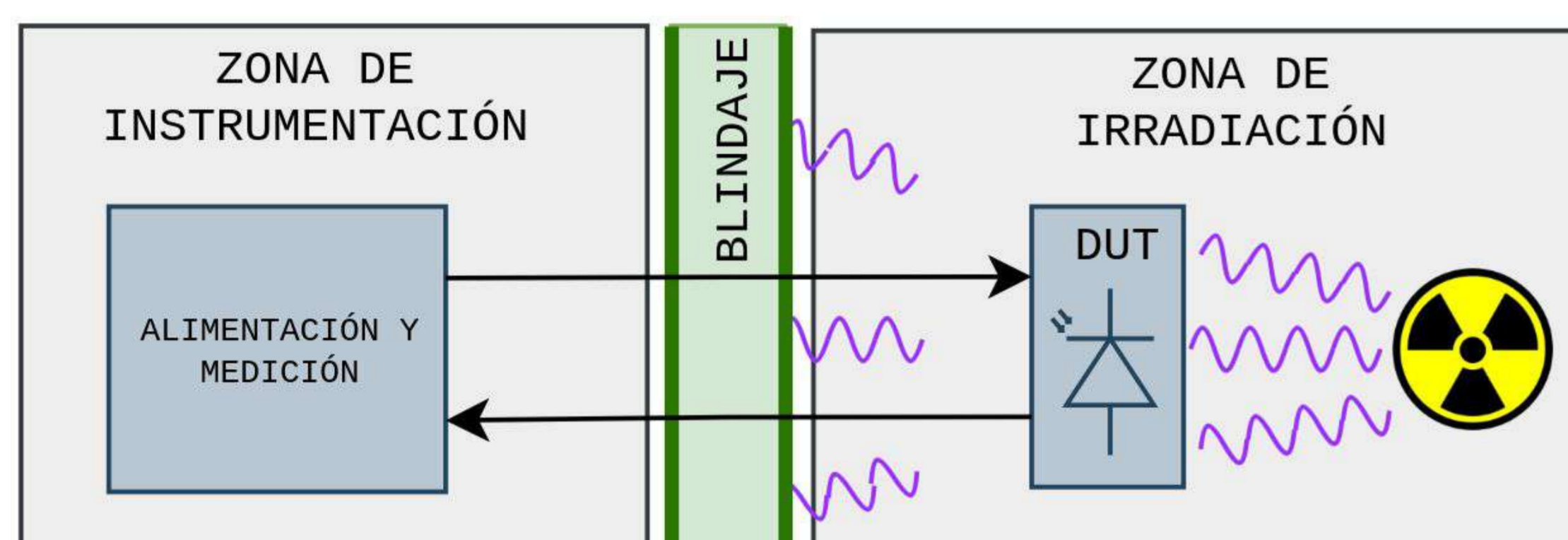


INTRODUCCIÓN

Los SiPM son dispositivos sensibles a daños por radiación [1], por lo que demandan ser ensayados por su tolerancia en caso de ser usados en ambientes hostiles como en aplicaciones espaciales. Estos ensayos se realizan en instalaciones especializadas y dedicadas a la irradiación de componentes y materiales.

Debido a esta necesidad, es importante el desarrollo de un sistema de caracterización fácil de transportar y operar, que permite la irradiación del SiPM sin la exposición innecesaria de la electrónica de instrumentación.



Ejemplo de un ensayo de tolerancia a radiación.

OBJETIVOS

El sistema tiene que ser capaz de realizar las siguientes mediciones de un SiPM periódicamente y sin interrupciones durante el transcurso de la irradiación:

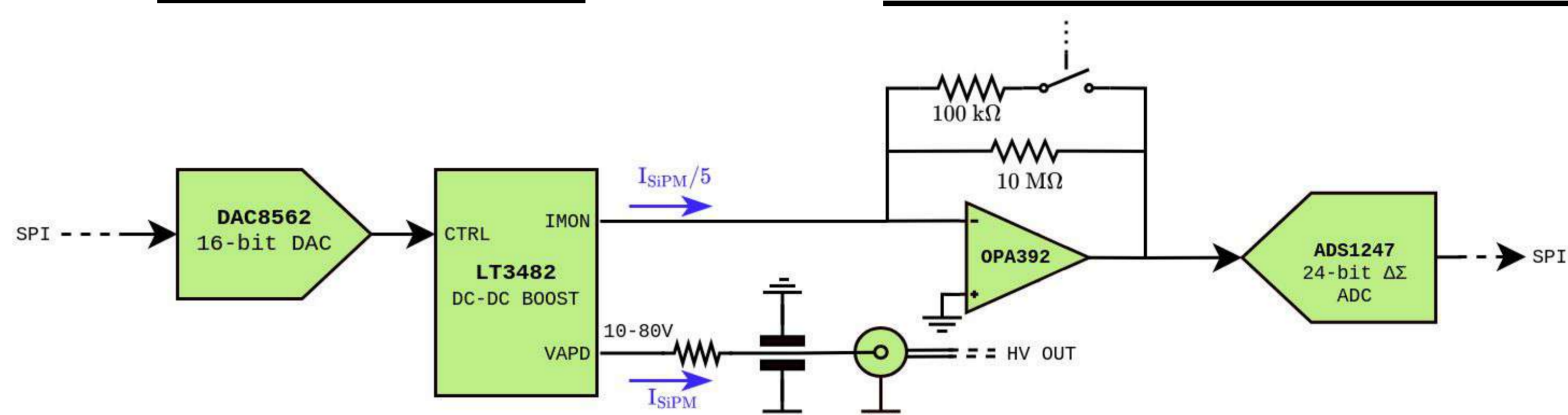
- **Monitoreo de corriente:** Rango entre 10 nA a 100 μ A
- **Adquisición de señales** a 125 MSpS
- **Detección de picos** y generación de **histograma** en tiempo real

Además, el mismo sistema debe suministrar la tensión de **polarización** del fotodetector. Esta debe ser **controlable hasta 80V** y de muy bajo ruido de conmutación.

Se decidió implementar el sistema en una placa montable sobre la computadora de placa única llamada Red Pitaya, que ofrece entradas analógicas de alta velocidad conectadas a un FPGA SoC Zynq-7000. Se utilizó la misma Red Pitaya como controlador para el ensayo.

DISEÑO

POLARIZACIÓN

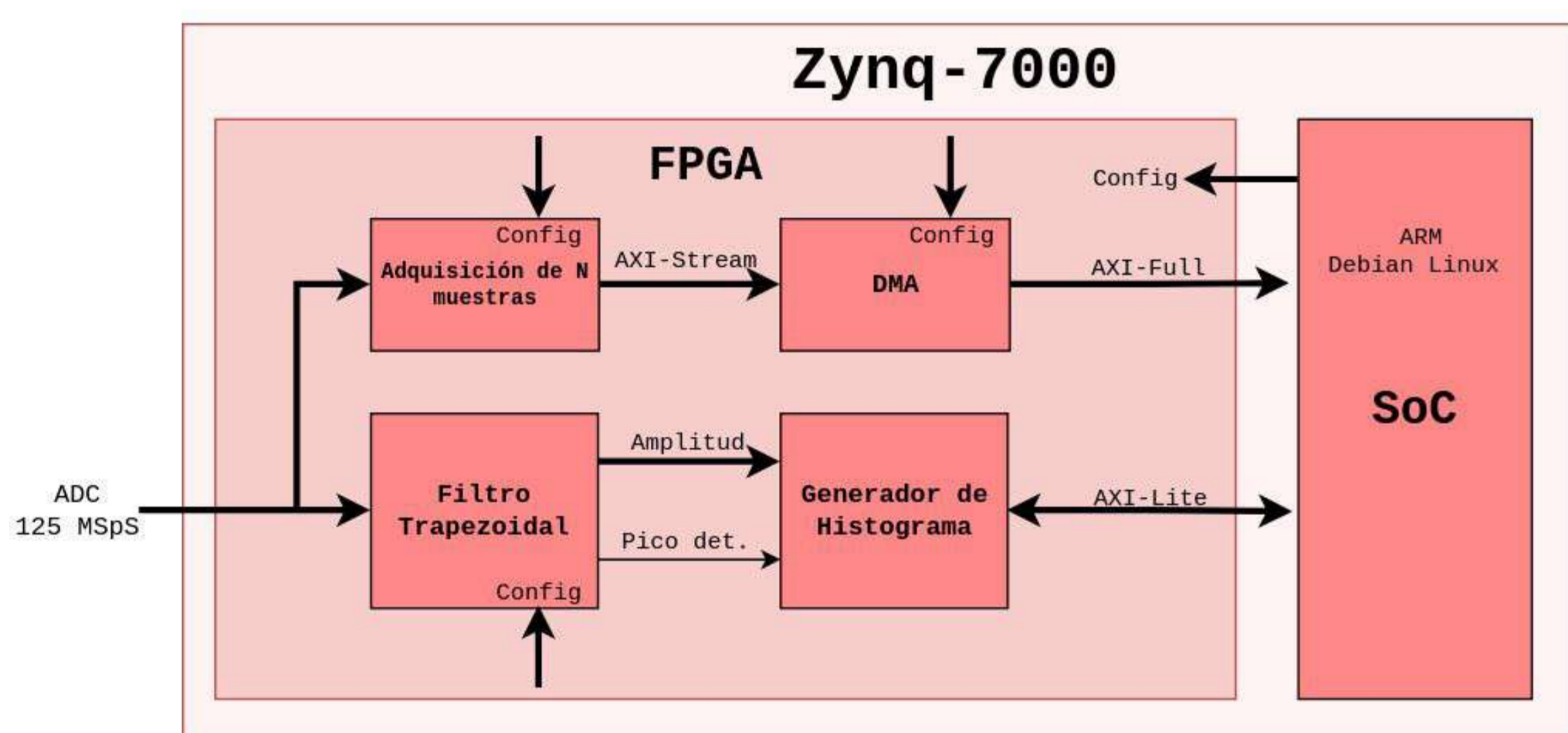


Polarización: Fuente conmutada especial para fotodetectores con espejo de corriente integrado para el sentido del consumo de corriente. Controlada por un DAC y la salida filtrada por un filtro RC con capacitor de tipo feedthrough.

Monitoreo: Amplificador de transimpedancia con ganancia seleccionable basado en un amplificador operacional con corriente de polarización de fA, bajo ruido 1/f y bajo offset. ADC de alta resolución para maximizar rango dinámico.

MONITOREO DE CORRIENTE

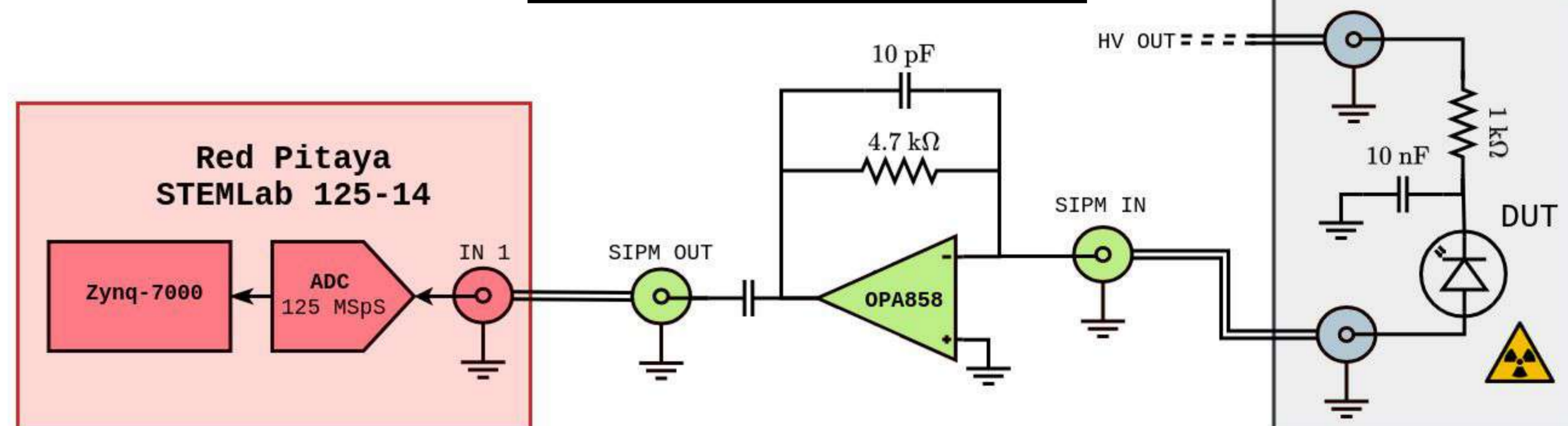
IMPLEMENTACIÓN FPGA



Se utilizó un filtro trapezoidal [2] para la detección de los pulsos y la determinación de sus amplitudes. Junto con esto, se implementó un sistema de memoria para generar el histograma en tiempo real. Además, se utilizó un sistema de Direct Memory Access (DMA) para la lectura de las muestras de la señal.

El diseño fue creado utilizando la herramienta Vivado de AMD.

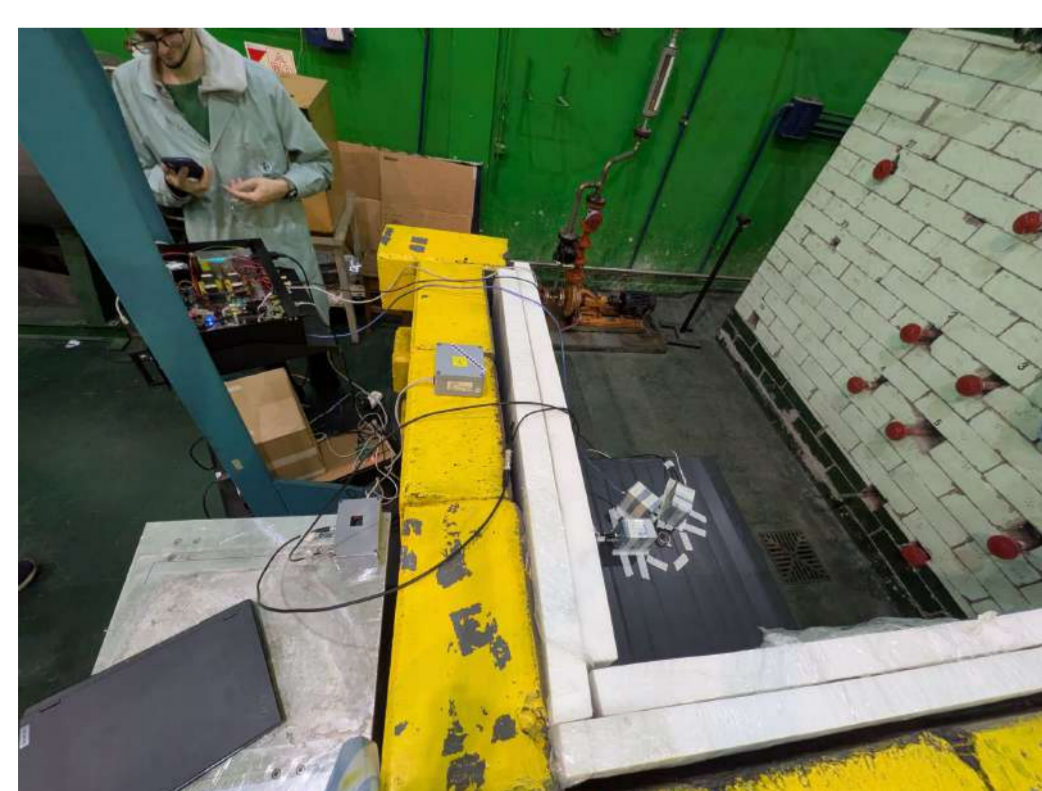
PREAMPLIFICACIÓN



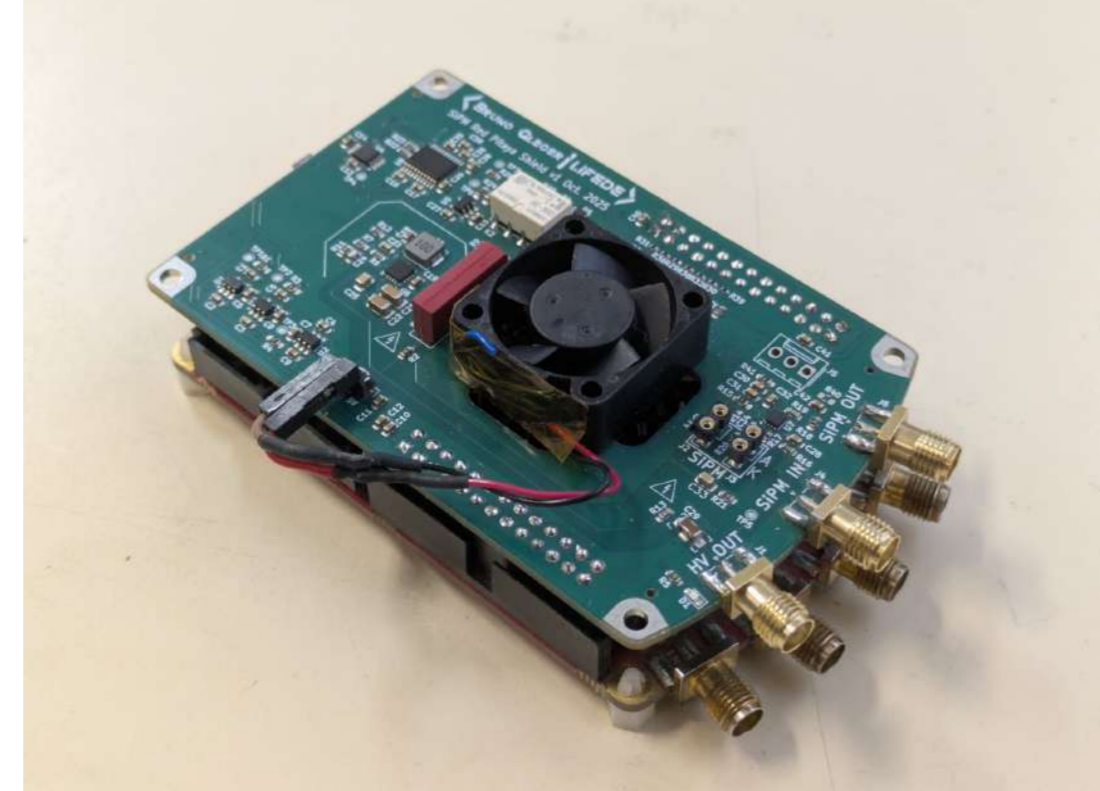
Conexiones al gabinete del SiPM realizadas con dos cables BNC-BNC RG-58 de 2m. **Preamplificador** de carga con $\tau \approx 50$ ns. Este valor fue usado para obtener suficientes muestras por pulso en la digitalización de la señal.

DEMOSTRACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

Para la demostración del funcionamiento del sistema se utilizó el modelo de SiPM **S12571-100C de Hamamatsu**. Este fue polarizado a 66V por la duración de la prueba. Se irradió en oscuridad utilizando una fuente de **AmBe de 5 Ci** a una distancia de 5 cm. En el plazo de 92 horas el SiPM fue expuesto a una fluencia de neutrones de $1.2 \cdot 10^{10}$ n/cm² y una dosis ionizante producto de la radiación gamma de **3 Gy**. Queremos dar agradecimientos especiales a todo el personal del RA-1 por su ayuda en esta campaña de irradiación.



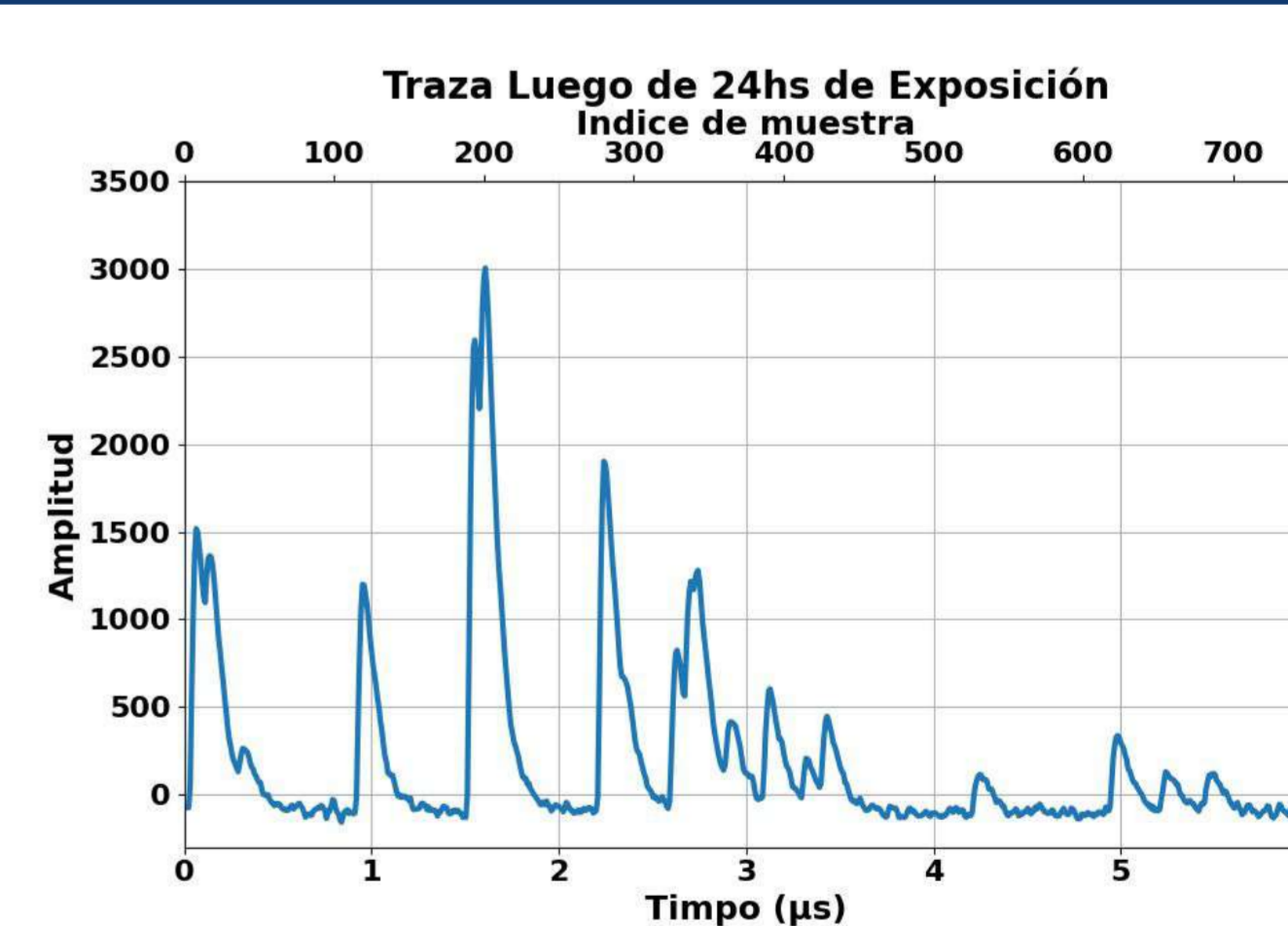
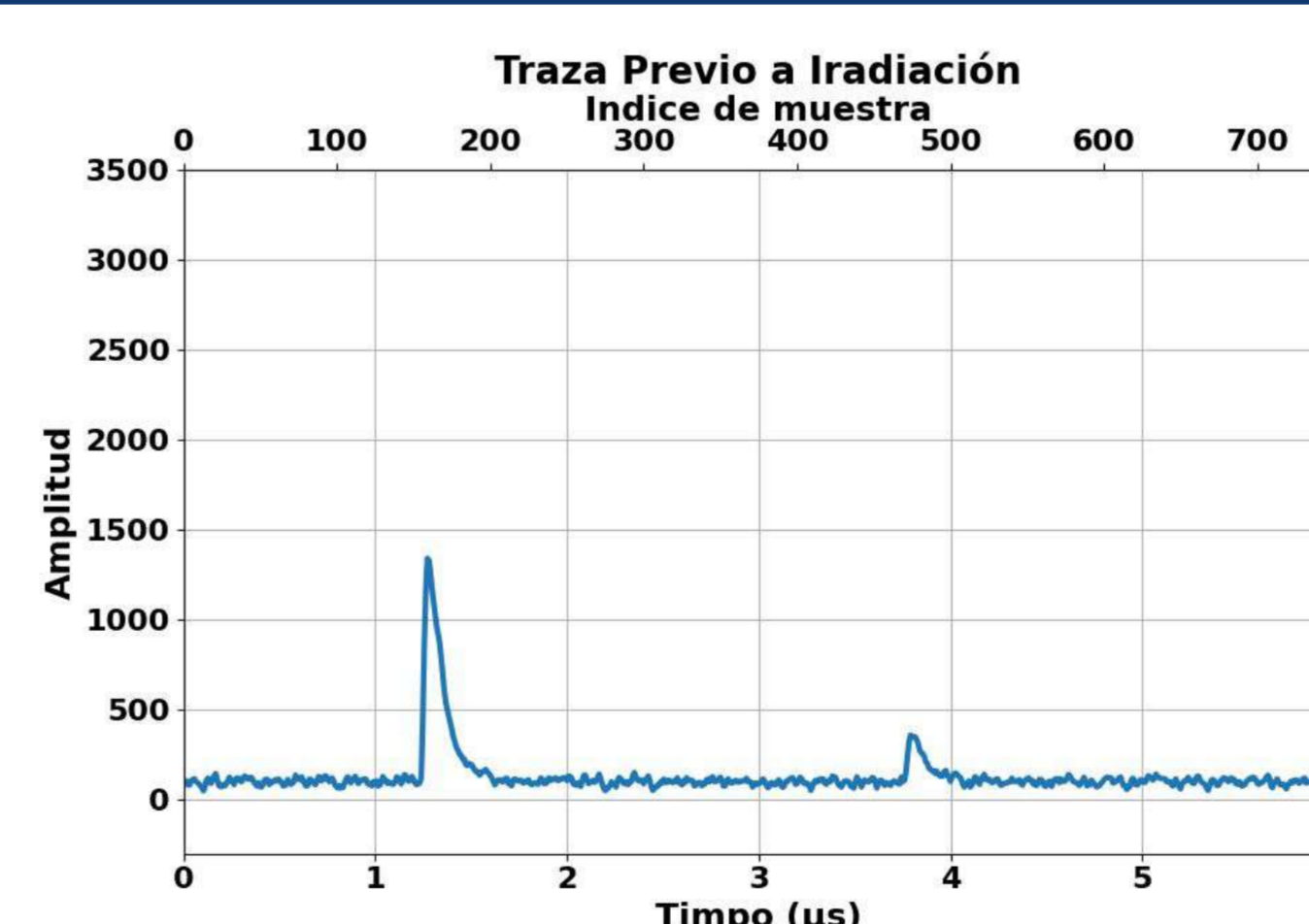
Preparación de la prueba de irradiación del SiPM. El banco de pruebas se encuentra a la izquierda del blindaje y el gabinete con el SiPM se encuentra a la derecha.



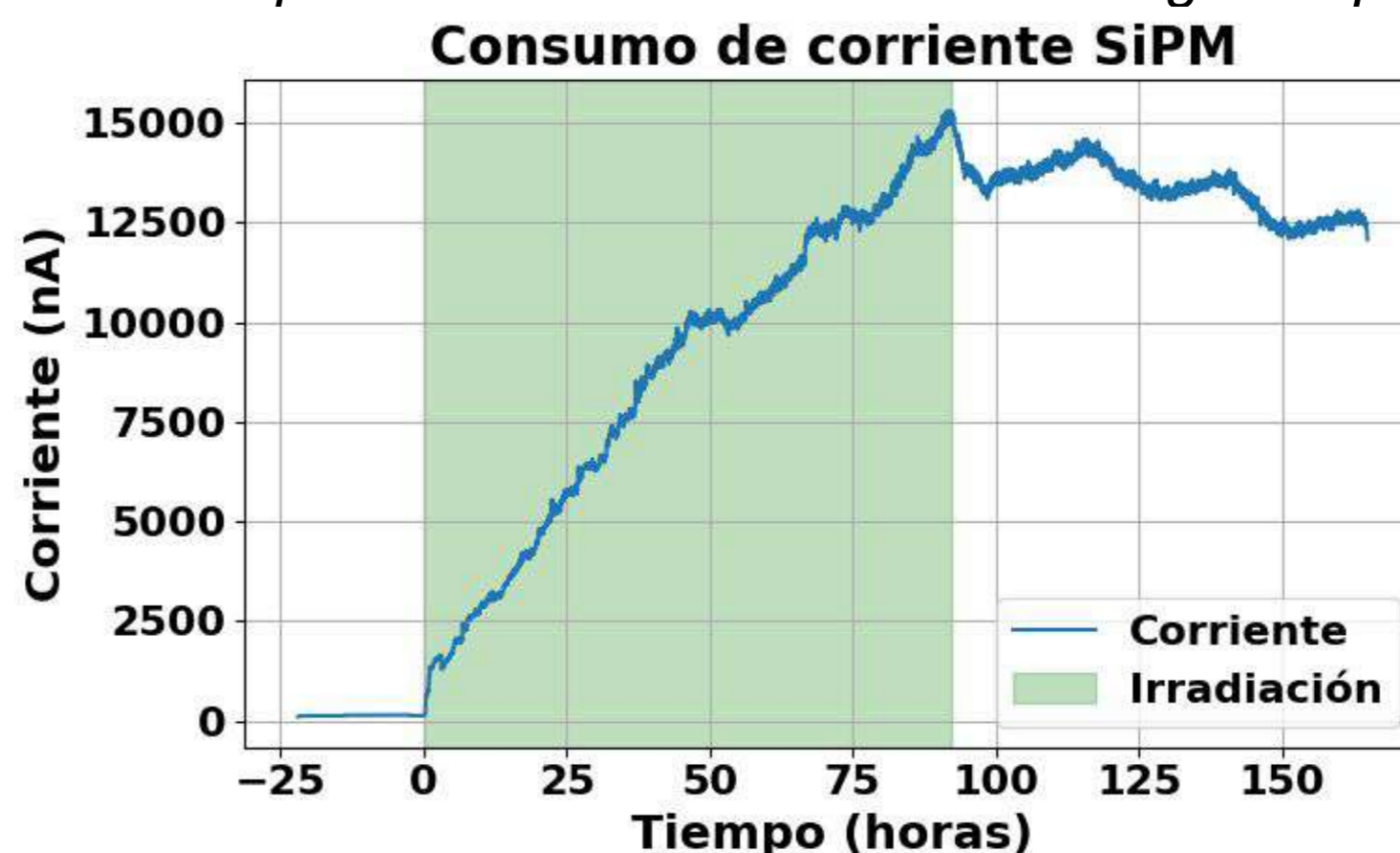
Banco de pruebas fabricado y colocado sobre la computadora de adquisición Red Pitaya. Se tuvieron que tener en cuenta consideraciones especiales para el diseño del PCB.

CONCLUSIONES

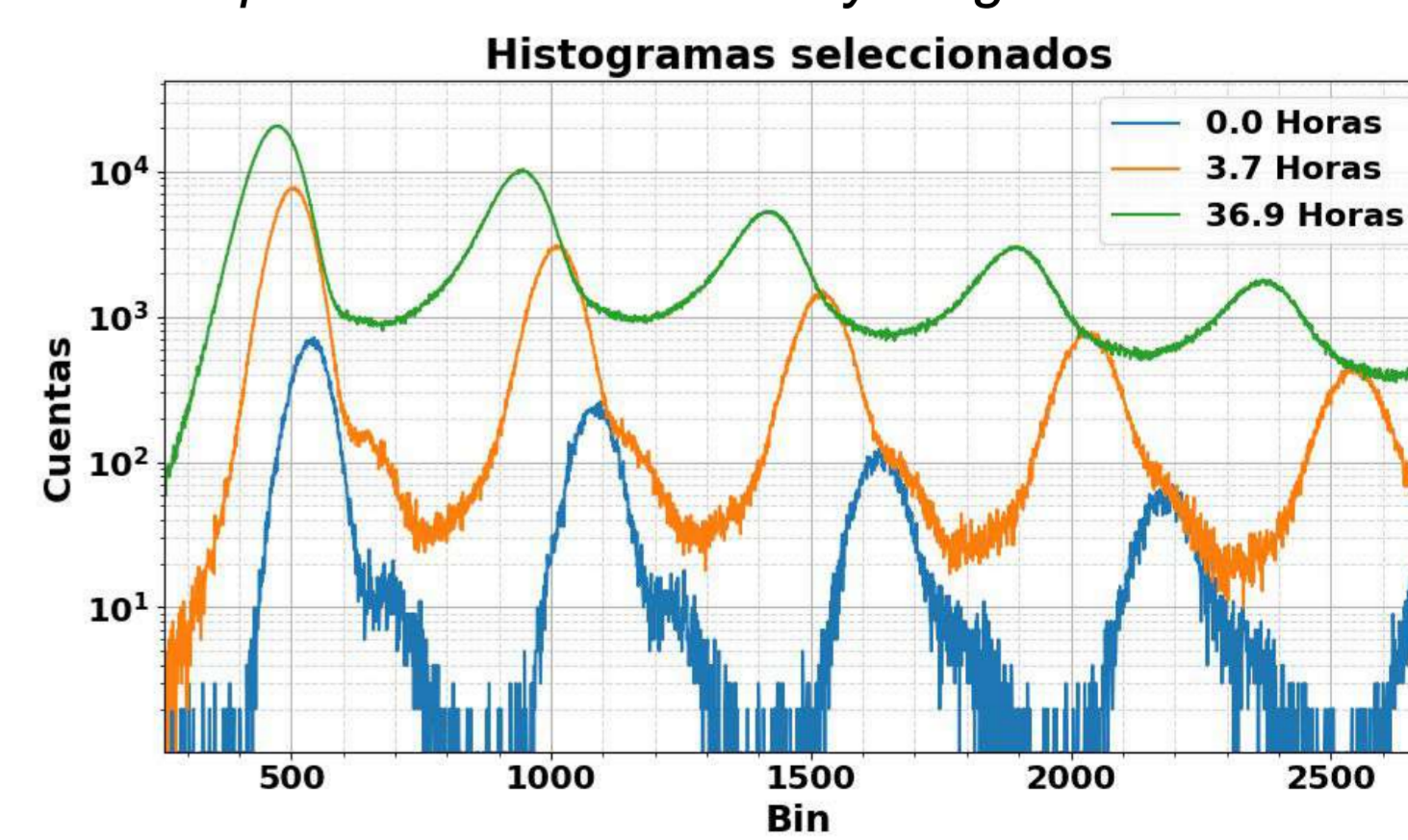
Se demostró la practicidad del uso de herramientas de instrumentación integradas para la caracterización de SiPMs en ensayos con radiación. La campaña de irradiación no presentó dificultades asociadas al sistema de adquisición y la instalación completa del sistema llevó aproximadamente 20 minutos. En comparación con otras campañas realizadas en el pasado [3], esto representa un logro significativo en la reducción de la complejidad, conexiones, costos y tiempos. Para trabajos futuros se propone una calibración de este sistema. Todos los archivos de diseño se pueden descargar del repositorio del proyecto [4].



Comparación entre las señales entregadas por el SiPM previo a la irradiación y luego de 24hs.



Consumo de corriente del SiPM en función del tiempo.



Histograma tomados en un periodo de 3 segundos en distintos puntos de la irradiación.

REFERENCIAS

- [1] E. Garutt et al. "Radiation damage of SiPMs"
- [2] V. T. Jordanov et al. "Digital techniques for real-time pulse shaping in radiation measurements,"
- [3] F. Suarez et al. "Simultaneous irradiation and testing for radiation damage evaluation in actively biased SiPMs and other devices"
- [4] B. Glecer, "SiPM Testbench for Red Pitaya" GitHub. <https://github.com/brunogle/sipm-testbench>