

*II Simposio Internacional sobre Educación, Capacitación,  
Extensión y Gestión del Conocimiento en Tecnología Nuclear*



# **SIMULACIÓN DE IMÁGENES EN CÁMARA GAMMA/SPECT MEDIANTE MÉTODOS CONVOLUTIVOS CON FINES DIDÁCTICOS**

**Strocovsky, S. G., Aizcorbe, J., Furnari, J.C.**



**UNSAM**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTÍN

*contacto: [strocovs@cae.cnea.gov.ar](mailto:strocovs@cae.cnea.gov.ar)*

*Buenos Aires, Argentina  
Noviembre 2017*

# Introducción

- Dificultades para la comprensión de los principios físicos de la formación de imágenes en sistemas Cámara Gamma / SPECT
- Complejidad del tema: necesidad de herramientas simples
- Diversidad de profesionales y técnicos

# Propuesta

**Práctica experimental + aplicación de software  
que permiten abordar:**

Principios de  
formación de  
la imagen

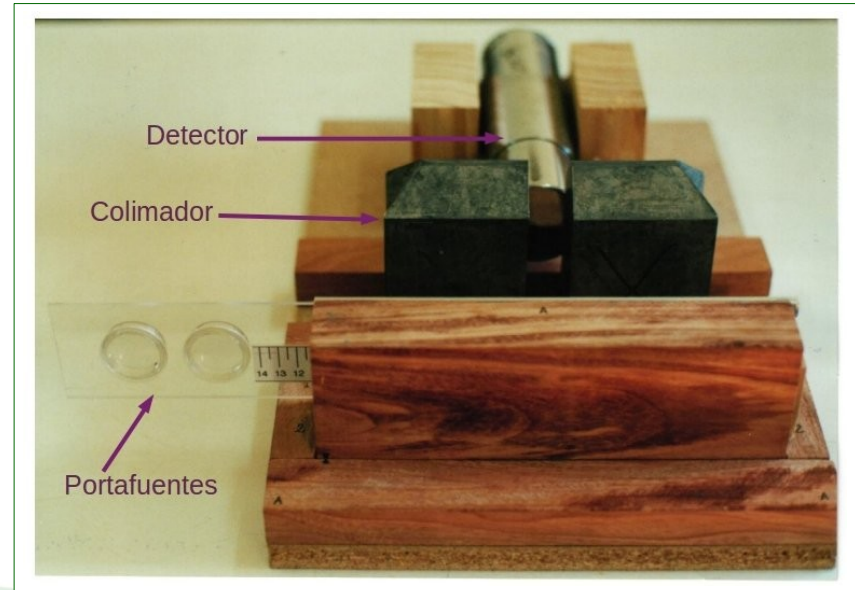
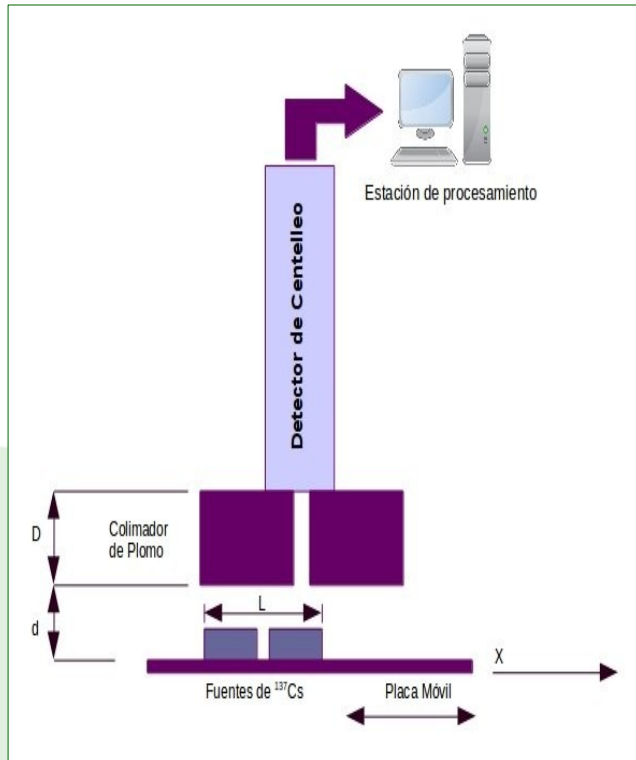
Principios y  
parámetros de  
colimación

Parámetros de  
Calidad de las  
imágenes

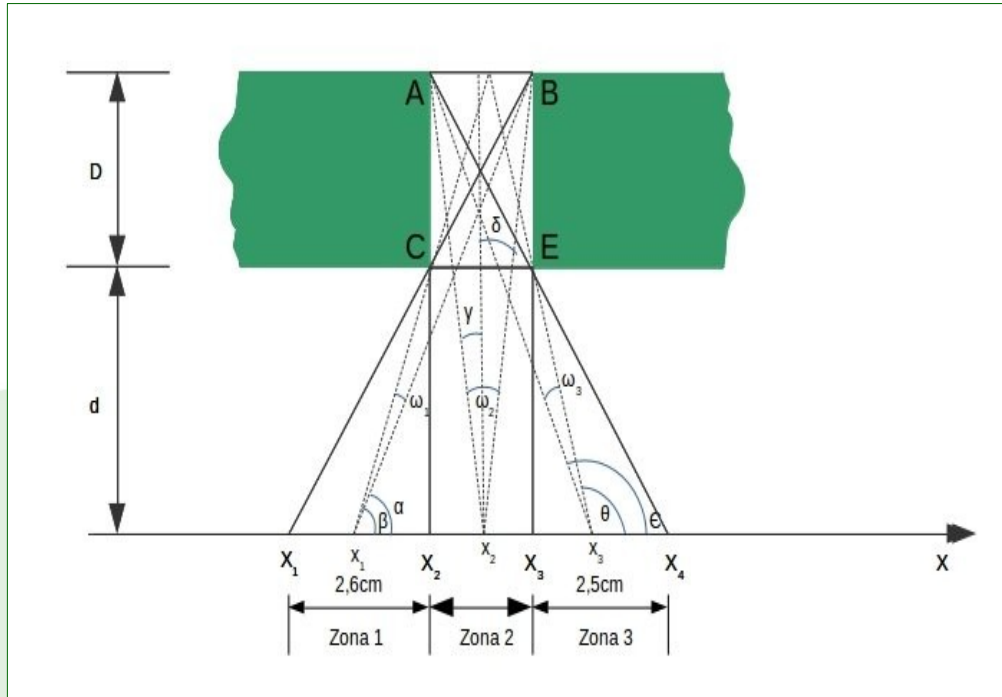
Resolución  
Espacial de  
Fuentes puntuales

**Adquisición de  
Imágenes como  
Operación de  
convolución**

# Descripción del puesto de trabajo



# La formación de la imagen en el sistema experimental



- **Zonas 1, 2 y 3:** definidas por los rayos límite (AC, BE, AE y BC).
- **$X_1, X_2, X_3, X_4$ :** límites de las zonas 1, 2 y 3.
- **$\omega_1, \omega_2, \omega_3$ :** ángulos de apertura definidos a partir de las intersecciones con las aristas del colimador.
- Un detector colocado detrás del colimador registrará emisiones del intervalo  $[X_1, X_4]$ ; es decir, **la imagen registrada no es puntual si no un segmento de longitud  $|X_4 - X_1|$**

# La adquisición de imágenes como operación de convolución

**El Procesamiento de adquisición de imágenes** puede tratarse con un modelo adecuado, utilizando aproximaciones geométricas y la operación de convolución

## **Aproximaciones:**

- Problema de naturaleza 2D (puede tratarse en un plano)
- Se considera la propagación rectilínea de la radiación y su interacción por efecto fotoeléctrico con el material del colimador y el detector
- No se tienen en cuenta efectos dispersivos

# La adquisición de imágenes como operación de convolución (II)

$$N_T = \frac{T}{2\Pi} \sum_{i=1}^n \omega_i I_i$$

$$N_T = I * K$$

$$K = \frac{T}{2\Pi} [\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_m]$$

Distribución de actividad:  $n$  fuentes puntuales equidistantes, separadas entre si por la distancia de muestreo  $a$ .

La intensidad  $I_i$ , definida como el número de fotones emitidos por unidad de ángulo, será proporcional a  $A_i$ .

El número de fotones  $N_T$  detectados por un detector perfecto cuando se realiza el conteo de fotones por muestreo mediante el desplazamiento rígido de la distribución de fuentes según el eje  $X$ , se puede simular mediante la operación de convolución de la distribución de intensidad  $I$  con el kernel  $K$ .

La imagen simulada de la distribución de la intensidad de la fuente es proporcional y por lo tanto representativa de la distribución de actividad.

# Descripción del software

**Módulo I:** ingreso de parámetros del colimador

**Módulo II:** cálculo y graficación del kernel K de la convolución en el intervalo  $[X_1, X_4]$ , como el ángulo subtendido versus desplazamiento continuo de la fuente puntual.

**Módulo III:** discretización del kernel, considerando un determinado paso de avance (a) de la distribución de actividad, cuando se desplaza según el eje x. Graficación del kernel discretizado, como el ángulo subtendido versus desplazamiento discreto de la fuente puntual.

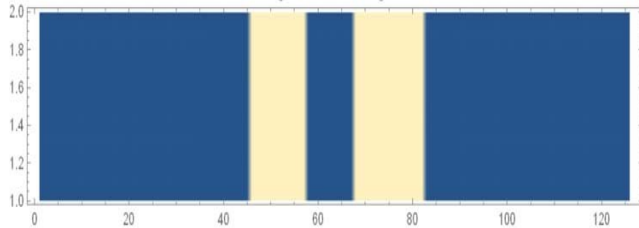
**Módulo IV:** ingreso de una distribución de actividad discreta. Cálculo de la convolución de la distribución de actividad con el kernel.

Finalmente, se generan los gráficos de salida: Actividad en función del desplazamiento, imagen en escala de grises, imagen en escala de colores, caso de colimación perfecta (colimador de espesor infinito y ancho de rendija tendiente a cero).



# Ejemplos de Aplicación:

## Simulaciones variando parámetros del colimador (I)

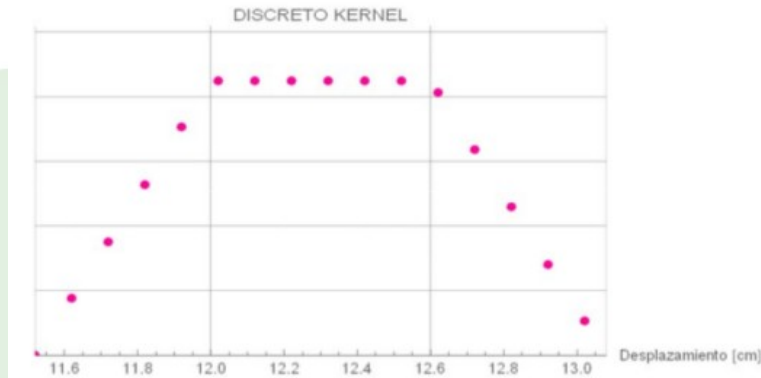


### Imagen con Colimador perfecto

Intensidad de cada fuente elemental: 1

Cantidad de elementos de la fuente: 12 (izq.) y 15 (der)

Distancia de paso entre elementos: 0.1



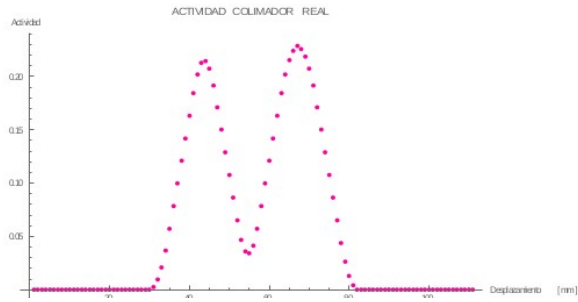
### Kernel Discreto

Espesor del colimador: 5 cm

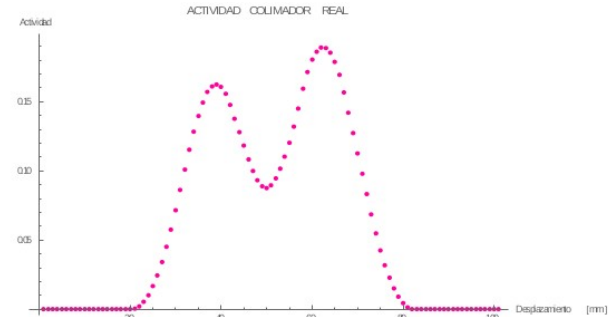
Ancho de rendija: 0.6 cm

Distancia colimador – detector: 4 cm

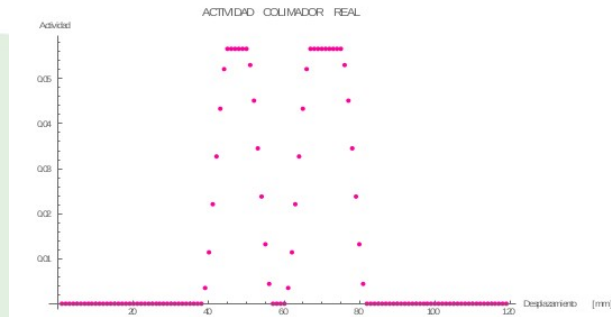
# Ejemplos de Aplicación: Simulaciones variando parámetros del colimador (II)



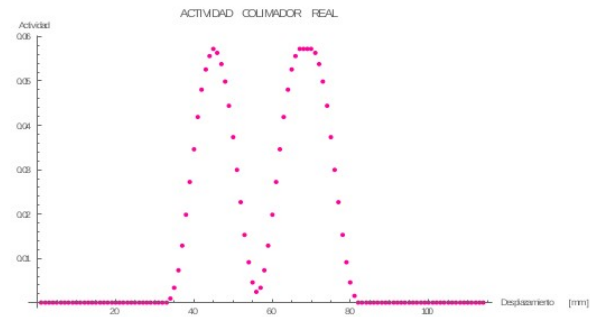
Ancho de rendija: 0.6 cm; Distancia colimador-fuente: 4 cm



Ancho de rendija: 0.6 cm; Distancia colimador-fuente: 8 cm

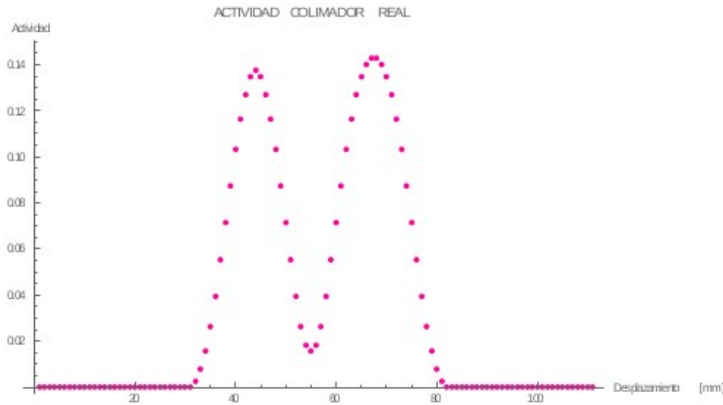


Ancho de rendija: 0.3 cm; Distancia colimador-fuente: 4 cm

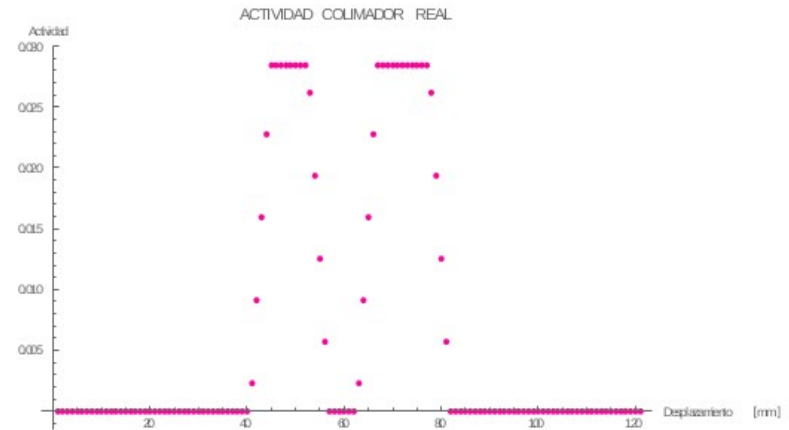


Ancho de rendija: 0.3 cm; Distancia colimador-fuente: 8 cm

# Ejemplos de Aplicación: Simulaciones variando parámetros del colimador (III)



Espesor del colimador: 2 cm



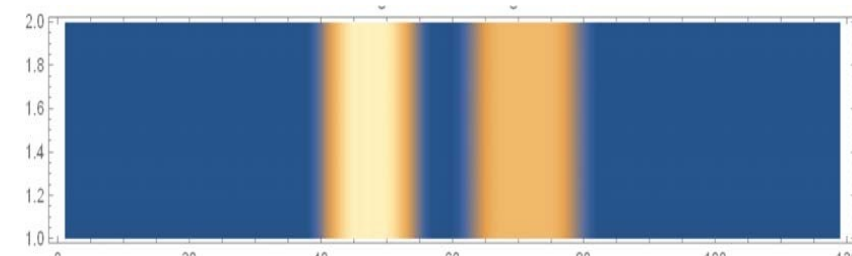
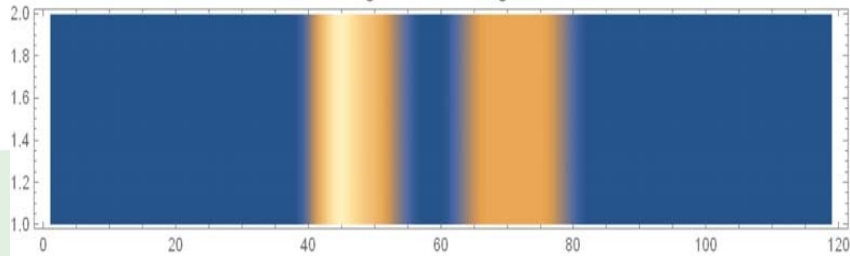
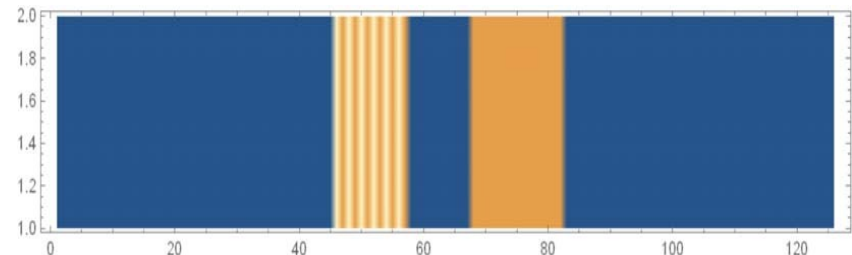
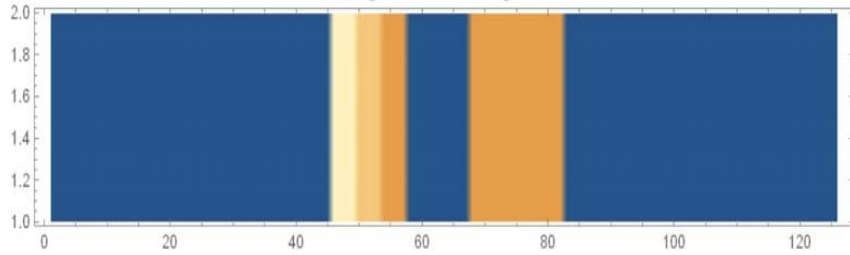
Espesor del colimador: 10 cm

Distancia colimador – fuente: 4 cm

Ancho de rendija: 0.3 cm

Distancia de paso: 0.1 cm

# Ejemplos de Aplicación: Simulaciones con fuentes no homogéneas

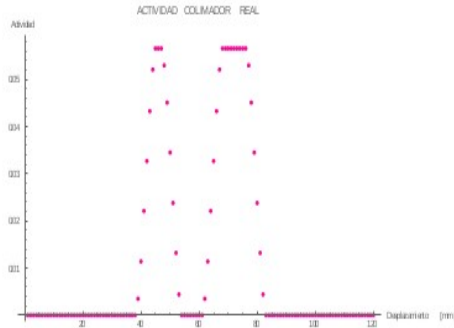


Fuente izquierda: 2 2 2 2 1.5 1.5 1.5 1.5 1 1 1 1  
Fuente derecha: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

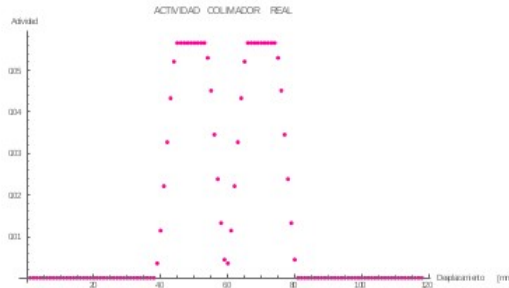
Fuente izquierda: 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2  
Fuente derecha: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

Distancia de separación de las fuentes: 1 cm; Distancia de paso: 0.1 cm.  
Espesor del colimador: 5 cm; Ancho de la rendija: 0.3 cm; Distancia colimador – fuente: 4 cm

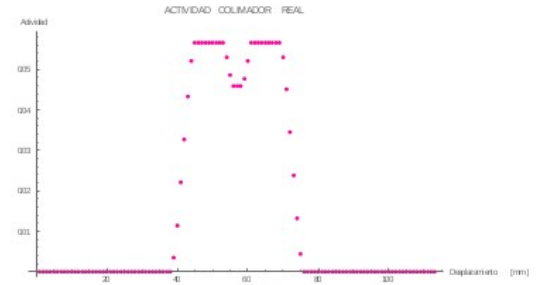
# Ejemplos de Aplicación: Simulaciones con distintas distancias entre fuentes



Distancia entre fuentes: 1.5 cm



Distancia entre fuentes: 0.6 cm



Distancia entre fuentes: 0.3 cm

Distancia de paso: 0.1 cm

Espesor del colimador: 5 cm

Ancho de la rendija: 0.3 cm

Distancia detector-fuente: 4cm

# Conclusiones

- El programa de simulación de imágenes propuesto permite al alumno probar diferentes **escenarios geométricos** y distintas propuestas de **fuentes**, con un amplio rango de variación de los parámetros, una vez familiarizado con los principios físicos y los conceptos de formación de imágenes, y tener rápidamente disponibles los resultados para su posterior análisis.
- También le permite familiarizarse con la **operación de convolución** y sus aplicaciones.
- Dado que los resultados obtenidos se corresponden con los esperados en la formación de imágenes en una Cámara gama / SPECT, nuestra propuesta permite a los alumnos obtener resultados que sean útiles para fijar conceptos y profundizar posteriormente sus conocimientos en el tema

*Muchas gracias*