

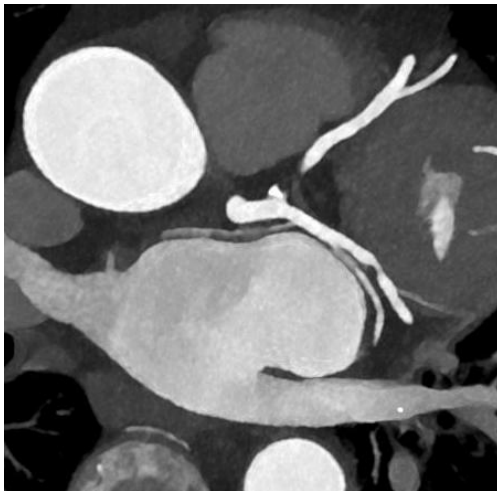
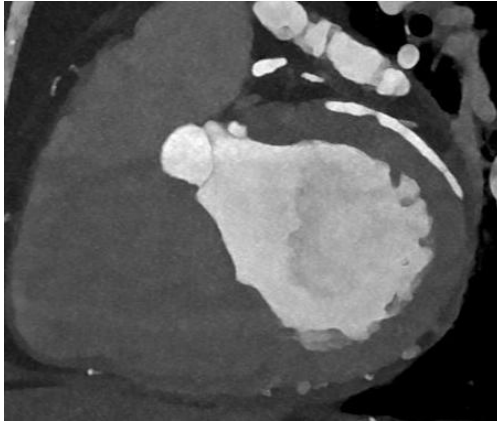
Rendimiento diagnóstico de la coronariografía por tomografía computarizada de conteo de fotones en pacientes con sospecha de enfermedad coronaria

Carlos Delgado Solano¹, José Marlon Rodríguez Ortega¹, Daniel Alfonso Zambrano Andrade¹, Adolfo Delgado Brito¹, Fernando Hernández Terciado², Juan Diego Sánchez Vega², Ana Ezponda Casajús¹, Gorka Bastarrika¹

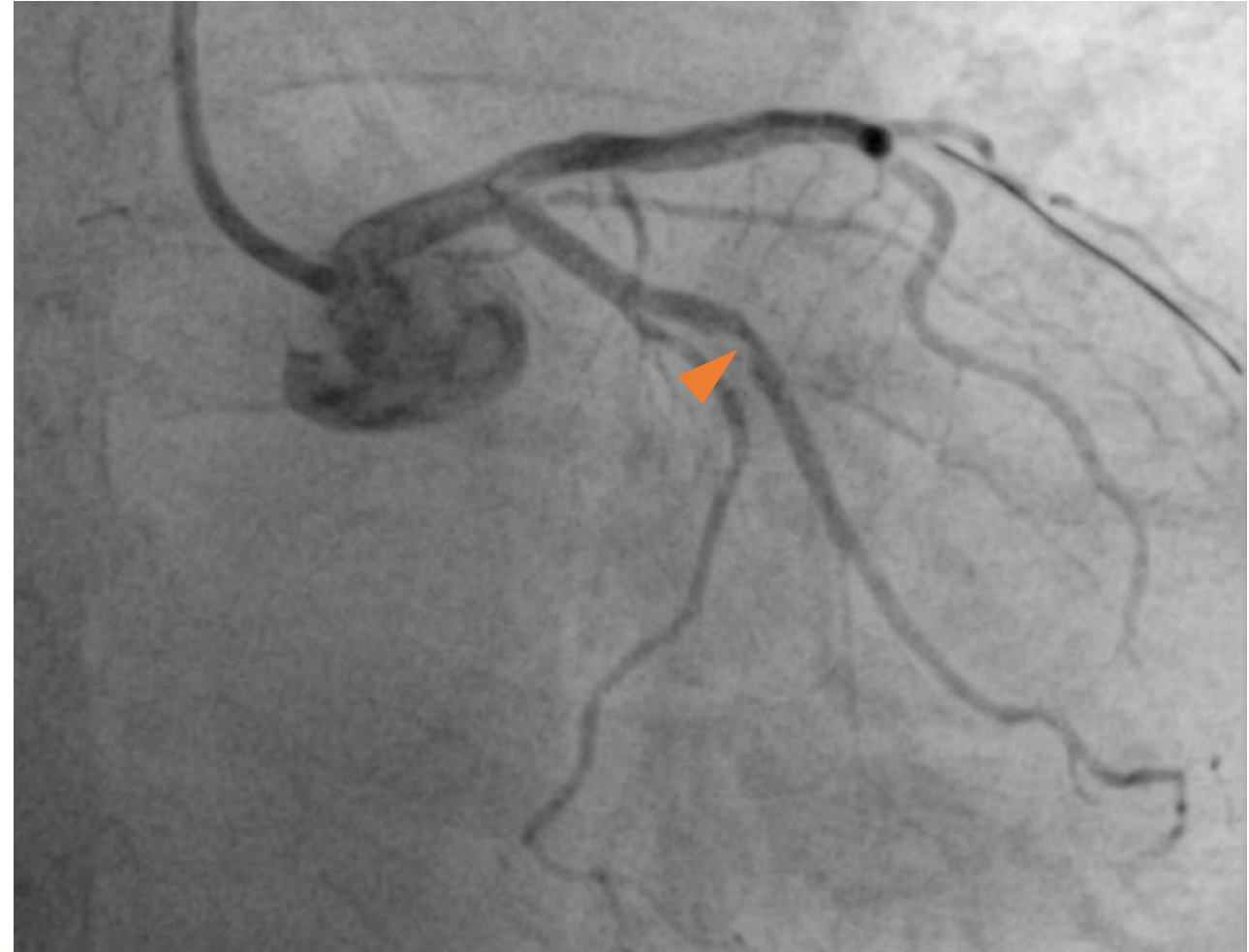
¹Servicio de Radiología, Clínica Universidad de Navarra, Pamplona

²Departamento de Cardiología, Clínica Universidad de Navarra, Madrid

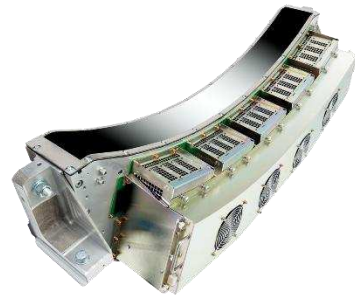
Mujer, 67 años. Dislipemia en tratamiento. Mialgias en relación con estatinas. Refiere disnea de moderados esfuerzos con opresión precordial con esfuerzos irradiada a cuello. Ha ido de manera progresiva hasta hacerse de moderados-mínimos esfuerzos.



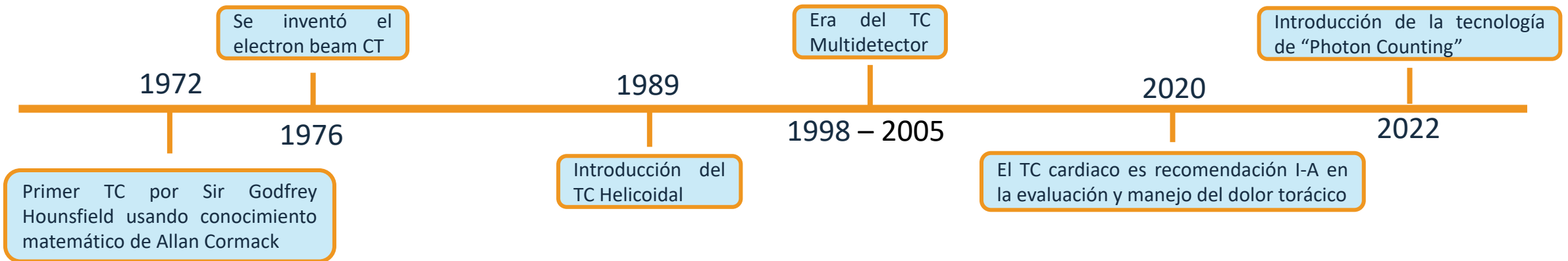
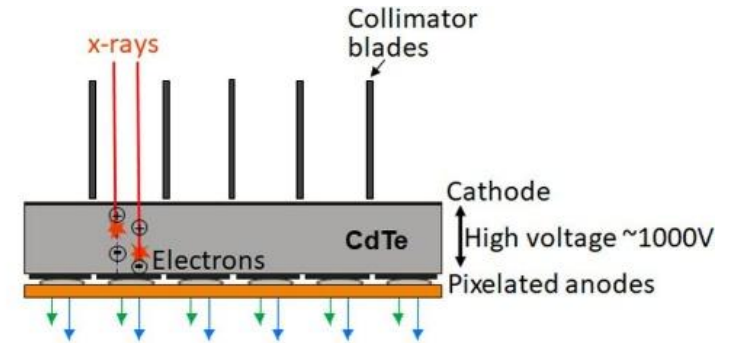
Mujer, 67 años. Dislipemia. Disnea progresiva moderados-mínimos esfuerzos con opresión precordial con esfuerzos irradiada a cuello.



Perspectiva histórica



- De 16 a 320 cortes
- TC de Doble fuente
- Mayor resolución temporal
- Mejor resolución espacial
- Reconstrucción iterativa
- Modalidades espectrales
- Menor dosis de radiación



Introducción

Los nuevos equipos de TC mediante conteno de fotones (*photon counting, PCCT*) proporcionan notables ventajas sobre los equipos convencionales compuestos por detectores integradores de energía (*energy integrating detectors, EID*). Estas son:

- **Mayor resolución espacial y de contraste**

Ofrece una resolución espacial de hasta 0,2 mm de grosor de corte (píxeles de $0,1 \times 0,1$ mm), frente a los 0,5–0,6 mm (píxeles de $0,4 \times 0,4$ mm) de los TC convencionales, lo que permite visualizar las arterias coronarias con mucho más detalle

- **Mejor relación señal-ruido y mayor calidad de imagen**

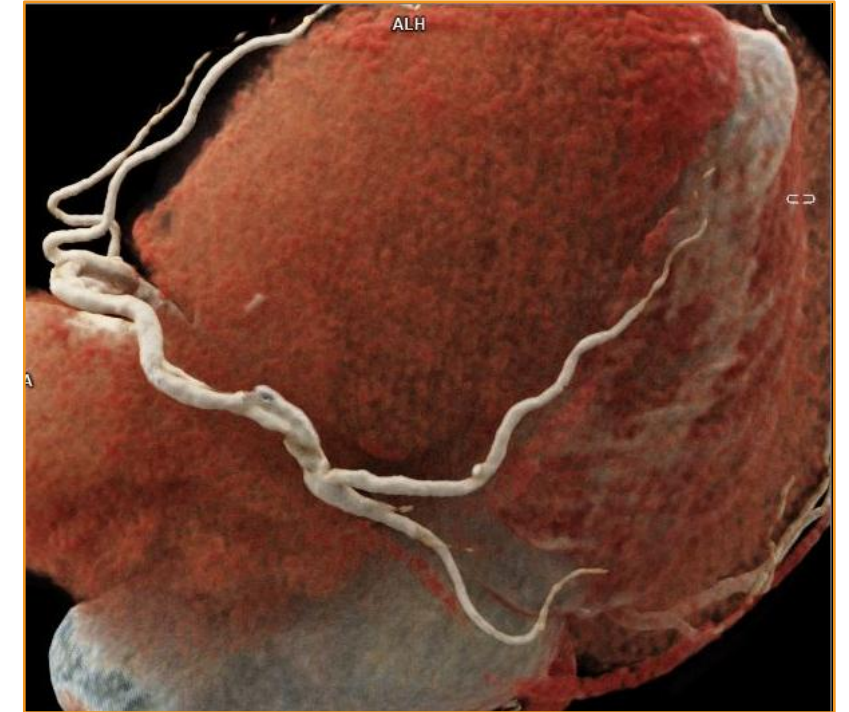
La tecnología de conteo directo de fotones elimina el ruido electrónico y mejora la relación señal-ruido, lo que se traduce en una mayor calidad de imagen

- **Reducción de artefactos por calcio**

La PCCT permite eliminar o reducir significativamente los artefactos producidos por el calcio, lo que facilita el estudio de pacientes con score cálcico alto

- **Mejor discriminación de tejidos y análisis espectral**

La capacidad de analizar la energía de cada fotón de forma individual permite una discriminación más precisa entre los distintos tipos de tejidos y, por tanto, entre los diferentes componentes de la placa de ateroma



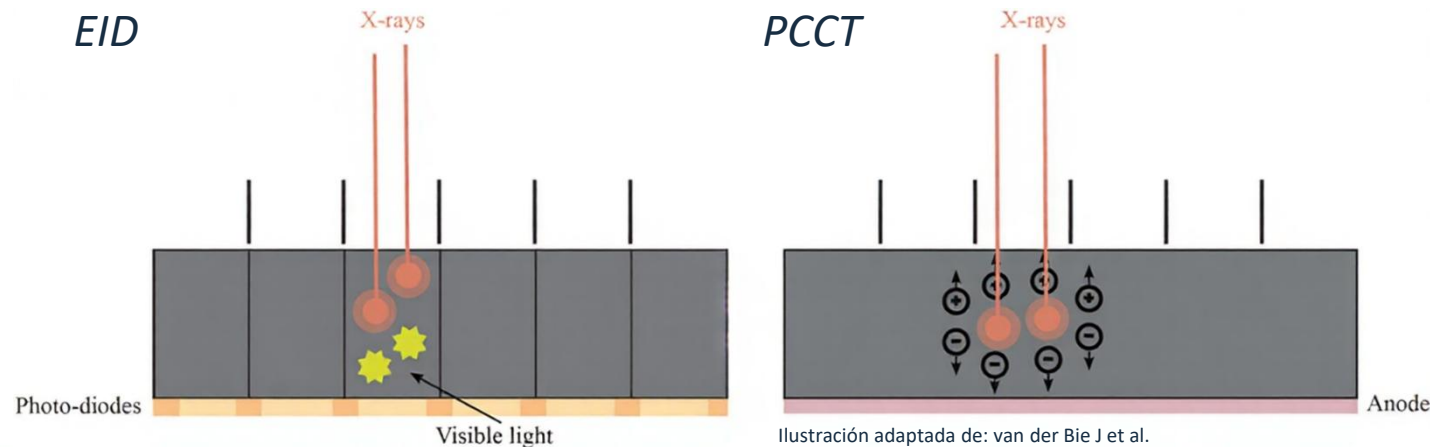
Introducción

En estudios cardíacos:

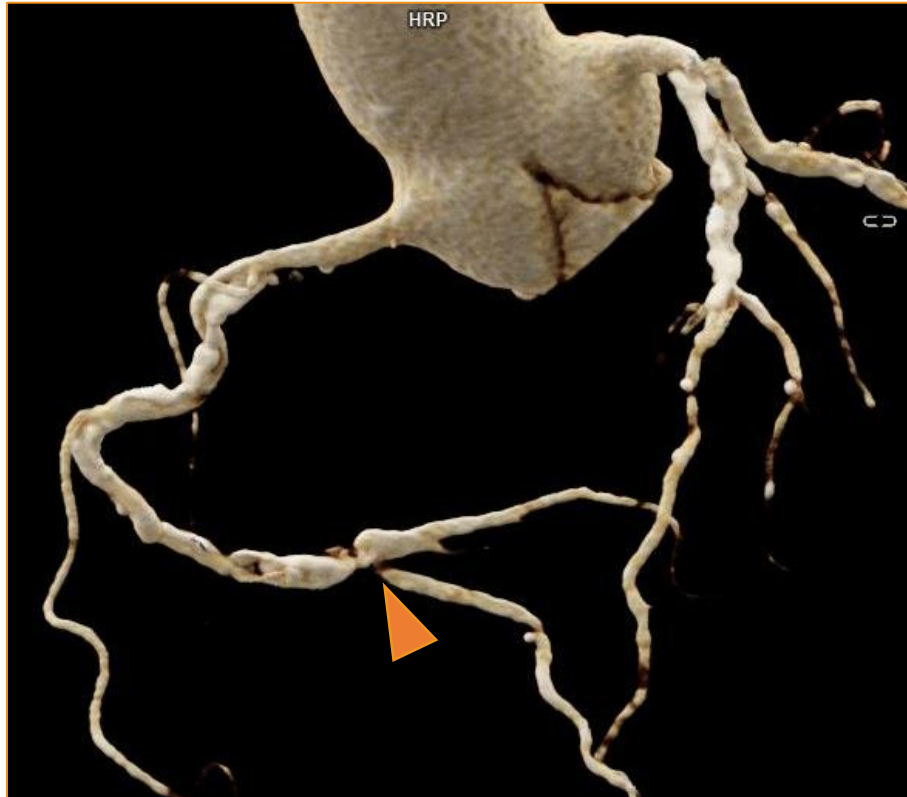
- El proceso de conversión directa de los fotones de rayos X detectados permite obtener imágenes de la TC coronaria (TCC) con una eficiencia geométrica de dosis optimizada
- Además, es posible adquirir imágenes de ultra alta resolución (*Ultra high resolution, UHR*), alcanzando una resolución máxima en el plano de 0,11 mm

La TCC UHR ha demostrado:

- Excelente calidad de imagen y mayor nitidez de los vasos coronarios
- Reducción significativa del efecto de *blooming* inducido por el calcio en pacientes con CaScore alto



Objetivos



Analizar el rendimiento diagnóstico de la coronariografía por tomografía computarizada (TCC) con TC de conteo de fotones (PCCT) en pacientes con sospecha de enfermedad coronaria

Material y métodos



461 H 204 M
62 años

- Se analizaron retrospectivamente 644 pacientes a los que se realizó una TCC por indicación clínica entre septiembre de 2024 y octubre de 2025
- La clasificación y el manejo se realizó de acuerdo al sistema CAD-RADS 2.0
- Criterios de inclusión:
 - Pacientes con sospecha de enfermedad coronaria o con enfermedad coronaria conocida a quienes se les realizó una TCC por indicación clínica y que presentaban **al menos un 50% de reducción del diámetro de la luz** en un vaso coronario epicárdico en TCC (CAD-RADS ≥ 3) y/o prueba de detección de isquemia positiva
- Criterios de exclusión:
 - No se realizó la coronariografía convencional
 - Vaso pequeño o distal
 - Pruebas de detección de isquemia negativas (RM estrés)
 - La coronariografía convencional se realizó en otro centro o en un intervalo de tiempo superior a 1 mes desde la CTC
- Consentimiento informado
 - Los pacientes incluidos proporcionaron su consentimiento para permitir el uso de su información para fines de investigación

Material y métodos



- Equipo empleado
 - TC con conteo de fotones (PCCT) de doble fuente (NAEOTOM Alpha, Siemens Healthineers, Forchheim, Alemania)
- Protocolo de adquisición
 - Prospectiva o retrospectiva según la variabilidad de la frecuencia cardíaca
 - Modo de ultra alta resolución (UHR) en estudios con calcificación coronaria (CaScore) o presencia de stent
 - Administración de contraste en protocolo bifásico: 80 mL de Iohexol 300 mg I/mL con 50 mL de suero salino, a 5 ml/s
- Reconstrucción de imagen
 - Selección automática de la fase óptima (diástole y/o sístole).
 - Reconstrucciones adicionales en incrementos del 5% dentro de la ventana de máxima dosis
 - Grosor de corte:
 - 0,4 mm (incremento de 0,2 mm) en adquisición convencional
 - 0,2 mm (incremento de 0,1 mm) en modo UHR
 - Reconstrucción iterativa mediante algoritmo (Quantum Iterative Reconstruction, QIR), nivel 4
 - Aplicación de filtros específicos (Bv48 y Bv72)
- Almacenamiento
 - Archivo y gestión de imágenes en sistema PACS (*Picture Archiving and Communication System*)

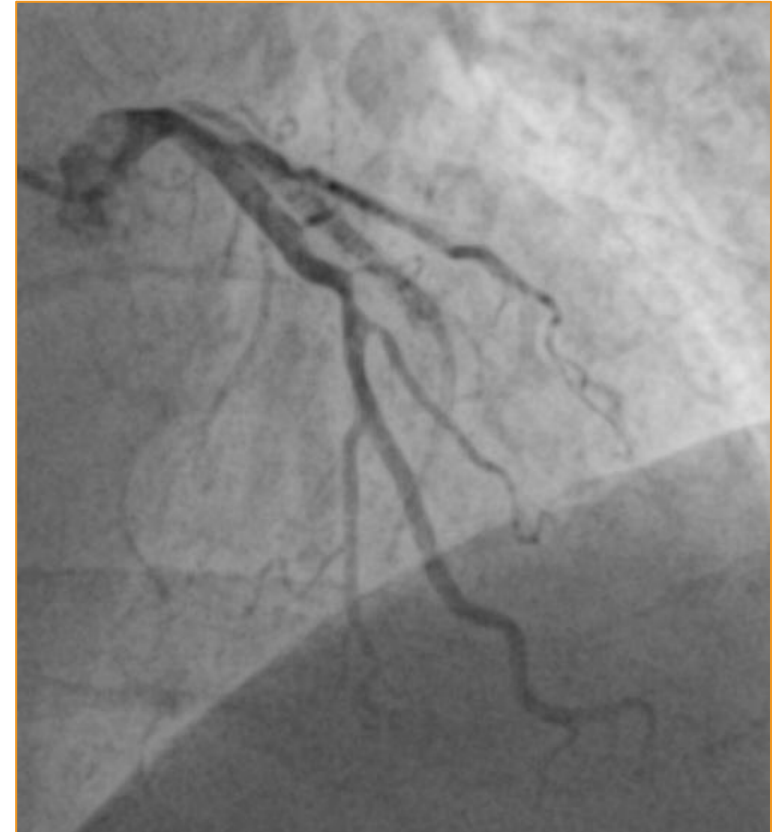
Material y métodos

- Software - Syngo.via (Siemens Healthineers)
 - 1 cardiólogo y 1 radiólogo (con 3 y 20 años de experiencia en TC cardíaca) en consenso
 - Imágenes axiales, reconstrucciones multiplanares (MPR) y MPR curvas
 - Clasificación de 16 segmentos de la AHA (American Heart Association)
 - Exclusión de segmentos coronarios de <1 mm de diámetro
- Clasificación
 - Pautas del *Coronary Artery Disease Reporting and Data System (CAD-RADS)*
 - CAD-RADS 0: estenosis coronaria del 0%
 - CAD-RADS 1: estenosis del 1-24%
 - CAD-RADS 2: estenosis del 25-49%
 - CAD-RADS 3: estenosis del 50-69%
 - CAD-RADS 4A: estenosis del 70-99%
 - CAD-RADS 4B: estenosis del tronco principal izquierdo >50% o estenosis del 70-99% de 3 vasos)
 - CAD-RADS 5: estenosis del 100 %, oclusión total
- La estenosis en la TCC se registró en una escala ordinal y se dicotomizó con los umbrales de $\geq 50\%$



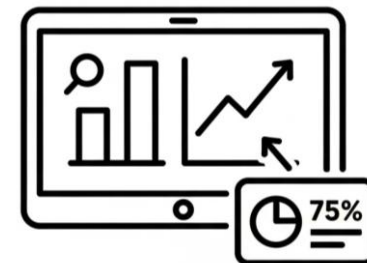
Material y métodos

- Se realizó según el procedimiento habitual
- Resultado positivo:
 - Presencia de estenosis $\geq 70\%$ del diámetro de la luz del vaso
 - Estenosis $< 70\%$ con valor de FFR $< 0,80$
 - Implantación de stent
- Resultado negativo:
 - Estenosis coronaria $< 70\%$ y valor de FFR $\geq 0,80$
- El FFR invasivo se realizó únicamente en las estenosis $< 70\%$ por coronariografía convencional que planteaban dudas diagnósticas



Material y métodos

- Datos cuantitativos: media y desviación estándar
- Datos categóricos: valores absolutos y porcentajes
- Distribución normal según prueba de Kolmogorov-Smirnov
- Cálculo de sensibilidad, especificidad, valores predictivos positivos y negativos y exactitud de TCC respecto a la coronariografía convencional, como estándar de referencia
- Cálculo del área bajo la curva (AUC) ROC (*receiver operating characteristic*)
- Programas estadísticos SPSS para Windows (versión 20.0, Armonk, Nueva York: IBM Corp) y Medcalc (versión 9.3.0.0. MedCalc Software; Mariakerke, Bélgica)
- Valores de $p < 0,05$ como estadísticamente significativos



Resultados

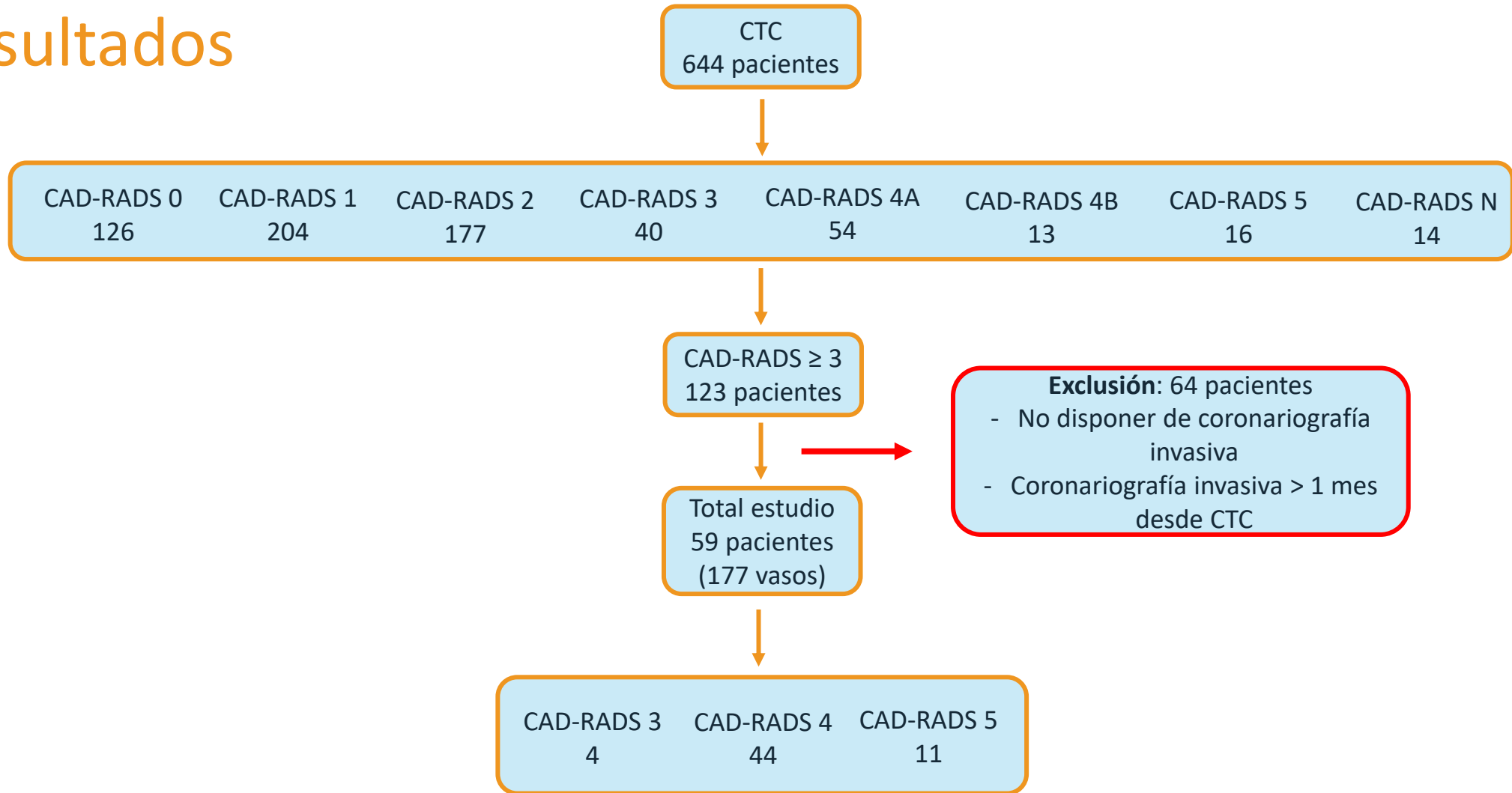


Figura 1. Diagrama de flujo de los pacientes incluidos en el estudio (septiembre 2024 – octubre 2025)



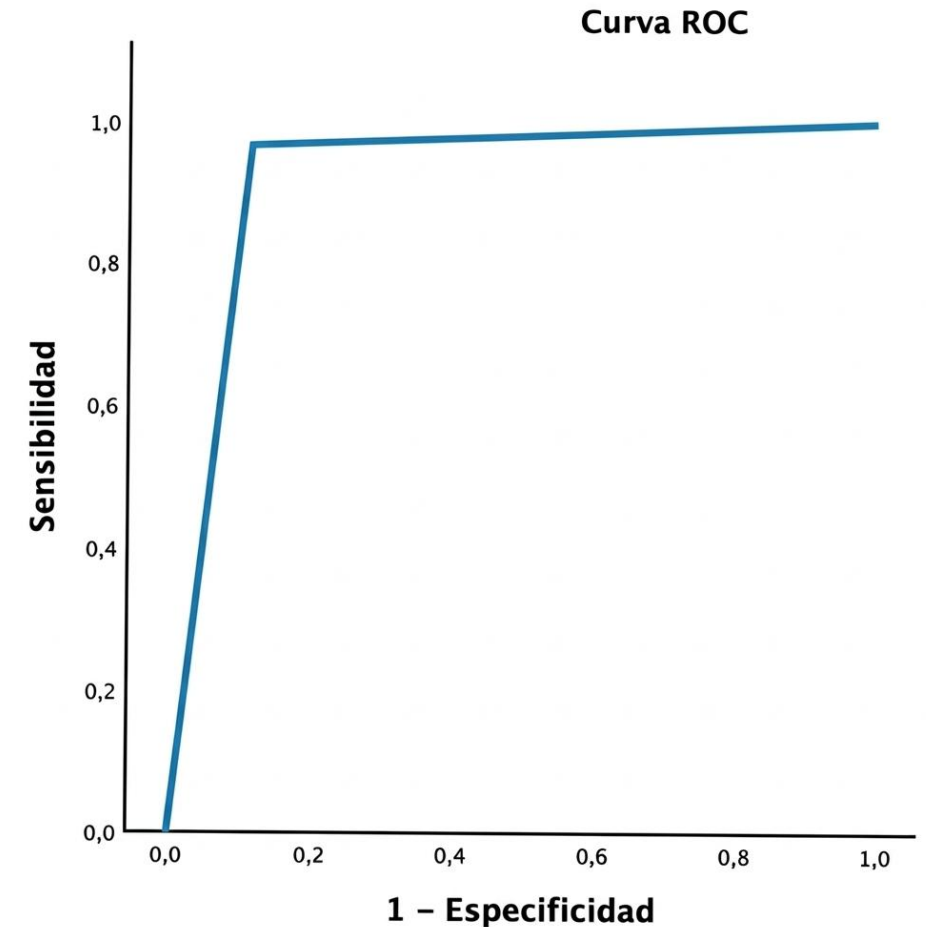
Variables	Valor
Género (n, hombre/mujer) (%)	51/8 (86,4%/13,6%)
Edad (años)	67 ± 8
Peso (kg)	82,3 ± 12,5
Talla (m)	1,73 ± 0,1
IMC (kg/m ²)	27,4 ± 3,8
Frecuencia cardiaca (lpm)	71,7 ± 11,7
Factores de riesgo cardiovascular (n, %)	
• Fumador/no-fumador/exfumador	7/25/27 (11,8%/42,4%/45,8%)
• Hipertensión arterial	32 (54,2%)
• Dislipemia	49 (85,9%)
• Diabetes mellitus	22 (37,3%)
• EPOC	2 (3,4%)
• Hiperuricemia	7 (11,9%)

Nota: IMC: Índice de Masa Corporal; lpm: latidos por minuto; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Tabla 1. Características demográficas y factores de riesgo cardiovascular

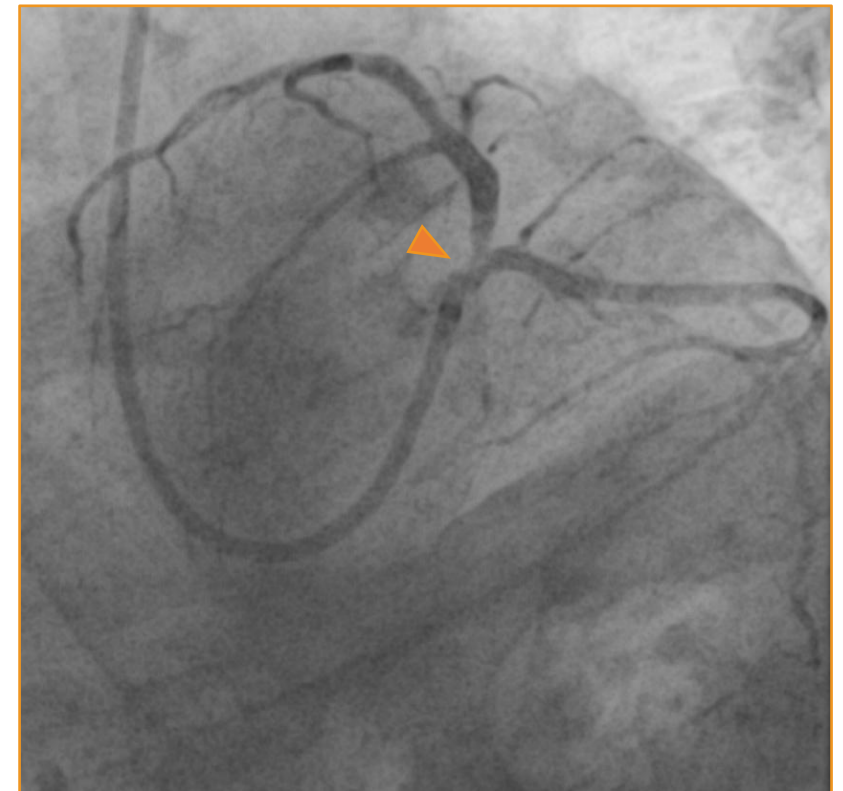
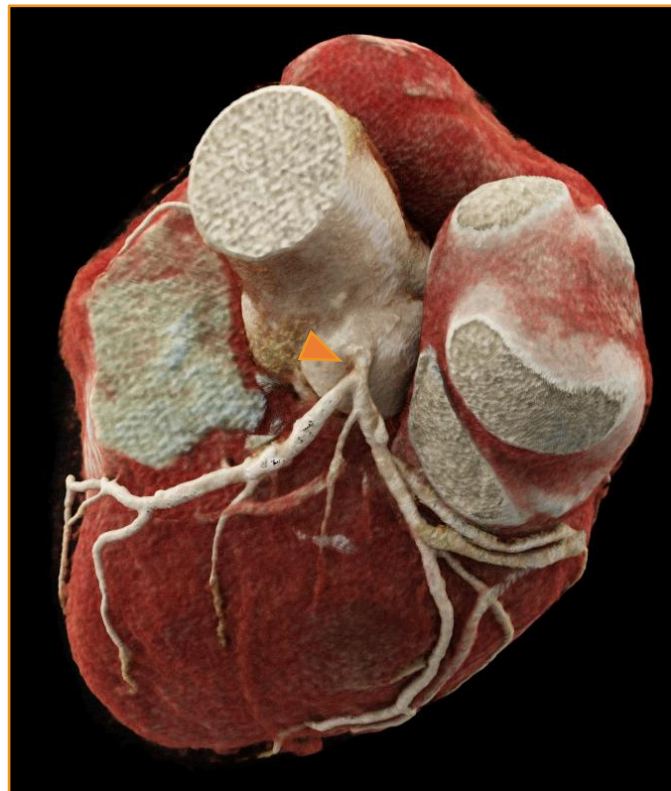
Resultados

Estadístico	Valor (%)	IC 95% (%)
Sensibilidad	96,70	90,67 – 99,31
Especificidad	88,34	82,40 – 92,83
Valor predictivo positivo	82,24	75,19 – 87,62
Valor predictivo negativo	97,96	94,03 – 99,32
Exactitud	91,34	87,18 – 94,49



Área bajo la curva ROC: 0,93 (IC 95% 0,89 – 0,96, $p < 0,001$)

Conclusiones



La TCC con PCCT demuestra un **elevado rendimiento diagnóstico** para la detección de estenosis coronaria significativa en pacientes con sospecha de enfermedad coronaria

Referencias

- Halfmann MC, Bockius S, Emrich T, Hell M, Schoepf UJ, Laux GS, Kavermann L, Graafen D, Gori T, Yang Y, Kloeckner R, Maurovich-Horvat P, Ricke J, Müller L, Varga-Szemes A, Fink N. Ultrahigh-Spatial-Resolution Photon-counting Detector CT Angiography of Coronary Artery Disease for Stenosis Assessment. *Radiology*. 2024 Feb;310(2):e231956.
- Koons EK, Rajiah PS, Thorne JE, Weber NM, Kasten HJ, Shanblatt ER, McCollough CH, Leng S. Coronary artery stenosis quantification in patients with dense calcifications using ultra-high-resolution photon-counting-detector computed tomography. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2024 Jan-Feb;18(1):56-61.
- McCollough CH, Rajiah P, Bois JP, Winfree TN, Carter RE, Rajendran K, Williamson EE, Thorne JE, Leng S. Comparison of Photon-counting Detector and Energy-integrating Detector CT for Visual Estimation of Coronary Percent Luminal Stenosis. *Radiology*. 2023 Dec;309(3):e230853.
- Zsarnoczay E, Fink N, Schoepf UJ, O'Doherty J, Allmendinger T, Hagenauer J, Wolf EV, Griffith JP 3rd, Maurovich-Horvat P, Varga-Szemes A, Emrich T. Ultra-high resolution photon-counting coronary CT angiography improves coronary stenosis quantification over a wide range of heart rates - A dynamic phantom study. *Eur J Radiol*. 2023 Apr;161:110746.
- Mergen V, Sartoretti T, Baer-Beck M, Schmidt B, Petersilka M, Wildberger JE, Euler A, Eberhard M, Alkadhi H. Ultra-High-Resolution Coronary CT Angiography With Photon-Counting Detector CT: Feasibility and Image Characterization. *Invest Radiol*. 2022 Dec 1;57(12):780-788.
- Sakai K, Shin D, Singh M, Malik S, Dakroub A, Sami Z, Weber J, Cao JJ, Parikh R, Chen L, Sosa F, Cohen DJ, Moses JW, Shlofmitz RA, Collet C, Shlofmitz E, Jeremias A, Khalique OK, Ali ZA. Diagnostic Performance and Clinical Impact of Photon-Counting Detector Computed Tomography in Coronary Artery Disease. *J Am Coll Cardiol*. 2025 Feb 4;85(4):339-348.
- Bastarrika G, Álvarez-Acedo A, Ezponda A, Ochoa-González A, López de la Torre MR, Caballeros Lam FM, et al. Rendimiento diagnóstico de la reserva fraccional de flujo derivada de la tomografía computarizada en pacientes con estenosis coronaria significativa. *Radiologia [Internet]*. 2025;(101671):101671.
- van der Bie J, van Straten M, Booij R, Bos D, Dijkshoorn ML, Hirsch A, et al. Photon-counting CT: Review of initial clinical results. *Eur J Radiol [Internet]*. 2023;163(110829):110829. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2023.110829>



CUN Pamplona



CUN Madrid