Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Medicina
Escuela Profesional de Tecnología Médica

Nivel de referencia diagnóstico típico en angiotomografía coronaria, Clínica Internacional, 2025

TESIS

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Tecnología Médica en el área de Radiología

AUTOR

Diego Alberto GARCIA REYNA

ASESORA

Dra. Carmen Cecilia MUÑOZ BARABINO

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Garcia D. Nivel de referencia diagnóstico típico en angiotomografía coronaria, Clínica Internacional, 2025 [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina, Escuela Profesional de Tecnología Médica; 2026.

Metadatos complementarios

Datos de autor 1	
Nombres y apellidos	Diego Alberto Garcia Reyna
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73221026
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0002-9593-0640
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Carmen Cecilia Muñoz Barabino
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	07194769
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-3168-8210
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Misael Jefferson Fajardo Quispe
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	44876362
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Lusin Antonio Ponce Contreras
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06794361
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Elmer Edgardo Santiani Puican
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25832597
Datos de investigación	

Línea de investigación	No aplica
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Financiamiento propio
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Clínica Internacional País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: San Borja Calle: Av. Guardia Civil 385 Latitud: -12.09235 Longitud: -77.00864
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Noviembre 2025 - Septiembre 2026
URL de disciplinas OCDE	Radiología, Medicina nuclear, Imágenes médicas https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.02.00

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú, Decana de América

Facultad de Medicina

Escuela Profesional de Tecnología Médica

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS EN MODALIDAD PRESENCIAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO(A) EN TECNOLOGÍA MÉDICA EN EL ÁREA DE RADIOLOGÍA

Conforme a lo estipulado en el Art. 113 inciso C del Estatuto de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (R.R. No. 003396-2024-R) y Art. 45.2 de la Ley Universitaria 30220. El Jurado de Sustentación de Tesis nombrado por la Dirección de la Escuela Profesional de Tecnología Médica, conformado por los siguientes docentes:

Presidente: Dr. Misael Jefferson Fajardo Quispe
Miembros: Dr. Lusin Antonio Ponce Contreras
Dr. Elmer Edgardo Santiani Puican
Asesor(a): Dra. Carmen Cecilia Muñoz Barabino

UNMSM Firmado digitalmente por VASQUEZ ALVA Rolando FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 27.10.2026 15:49:15 -05:00

Se reunieron en la ciudad de Lima, el día 26 de octubre del 2026, siendo las 14:00 horas, procediendo a evaluar la Sustentación de Tesis, titulado **"Nivel de referencia diagnóstico típico en angiotomografía coronaria, Clínica Internacional, 2025"** para optar el Título Profesional de Licenciado en Tecnología Médica en el Área de Radiología del Señor:

Diego Alberto Garcia Reyna

Habiendo obtenido el calificativo de:

16 (En números)

Dieciseis (En letras)

Que corresponde a la mención de: Bueno

Quedando conforme con lo antes expuesto, se disponen a firmar la presente Acta.

Presidente
Dr. Misael Jefferson Fajardo Quispe
D.N.I: 44876362

Miembro
Dr. Lusin Antonio Ponce Contreras
D.N.I: 06794361

UNMSM Firmado digitalmente por MUÑOZ BARABINO Carmen Cecilia FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 27.10.2026 14:21:23 -05:00

Miembro
Dr. Elmer Edgardo Santiani Puican
D.N.I: 25832597

Asesor(a) de Tesis
Dra. Carmen Cecilia Muñoz Barabino
D.N.I: 07194769

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **Carmen Cecilia Muñoz Barabino** en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen de la UPG o de la EP N°000245-2024-D-FM/UNMSM de la tesis, cuyo título es **"Nivel de referencia diagnóstico típico en angiotomografía coronaria, Clínica Internacional, 2025"**, presentado por el bachiller **Diego Alberto Garcia Reyna,** para optar el título Profesional de **Licenciado en Tecnología Médica en el área de Radiología**, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 4% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención título profesional de Licenciado en Tecnología Médica en el de área de Radiología.

Lima, 31 de octubre del 2026.

Firma del Asesor_____

Asesora: **Dra. Carmen Cecilia Muñoz Barabino**

DNI: 07194769

* Según corresponda: bachiller, magíster, doctor; título profesional o título de segunda especialidad

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

DEDICATORIA

A Dios por su infinito amor.

A mis padres, Miguel y Julia, por sus enseñanzas y guía en mi camino profesional.

A mis hermanos; Luis, Ana y Joyce, por sus ocurrencias y motivo de mis sonrisas.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi querida UNMSM por cobijarme en el camino del saber y brindarme la oportunidad de coincidir con grandes maestros.

De igual modo a mi asesora, la Dra. Carmen Cecilia Muñoz Barabino, por su paciencia, exigencia académica y sobre todo el acompañamiento en la realización de mi tesis.

A mis amigos Juller, Emerson y Alfredo por su gran amistad durante estos años de carrera universitaria.

Finalmente a los licenciados Waynner, José, Giacomo, Mario, Isna y Luis por el apoyo, confianza y enseñanza impartida hacia mi persona.

ÍNDICE

CAPÍTULO I:..... 1
INTRODUCCIÓN..... 1
1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ANTECEDENTES..... 2
1.2 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN..... 8
1.3 OBJETIVOS..... 11
1.3.1 OBJETIVO GENERAL..... 11
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 11
1.4 BASES TEÓRICAS..... 11
1.4.1 BASE TEÓRICA..... 11
1.4.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS..... 30
1.4.3 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS..... 30
CAPÍTULO II:..... 31
MÉTODOS..... 31
2.1 DISEÑO METODOLÓGICO..... 32
2.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN..... 32
2.1.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN..... 33
2.1.3 POBLACIÓN..... 33
2.1.4 MUESTRA Y MUESTREO..... 33
2.1.5 VARIABLE..... 35
2.1.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN..... 39
2.1.7 PROCEDIMIENTOS Y ANÁLISIS DE LOS DATOS..... 40
2.1.8 CONSIDERACIONES ÉTICAS..... 42
CAPÍTULO III:..... 43
RESULTADOS..... 43
3.1 OBJETIVO GENERAL..... 44
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 44
CAPÍTULO IV:..... 56
DISCUSIÓN..... 56
CAPÍTULO V:..... 68
CONCLUSIONES..... 68
CAPÍTULO VI:..... 72
RECOMENDACIONES..... 72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 74
ANEXOS..... 82
ANEXO I: MATRIZ DE CONSISTENCIA..... 83
ANEXO II:..... 86
NIVELES DE REFERENCIA BASADO EN INDICACIONES CLÍNICAS SEGÚN EL

PROYECTO EUCLID....86
ANEXO III: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS....87
ANEXO IV:....88
AUTORIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN....88
ANEXO V:....89
JUICIO DE EXPERTOS....89
ANEXO VI:....93
PRUEBA DE CONCORDANCIA ENTRE LOS JUECES EXPERTOS....93
ANEXO VII:....94
CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD DEL EQUIPO....94
ANEXO VIII:....95
BASE DE DATOS EN EXCEL....95
ANEXO IX:....101
EVALUACIÓN POR EL COMITÉ DE ÉTICA....101
ANEXO X:....102
NIVEL DE REFERENCIA DIAGNÓSTICO DE ANGIOTOMOGRAFÍA CORONARIA EN LA CLÍNICA INTERNACIONAL (2025): VALORES INFERIORES A LOS REPORTADOS INTERNACIONALMENTE....102
ANEXO XI:....103
NIVEL DE REFERENCIA DIAGNÓSTICO DE ANGIOTOMOGRAFÍA CORONARIA EN LA CLÍNICA INTERNACIONAL (2025): VALORES SUPERIORES A LOS REPORTADOS INTERNACIONALMENTE....103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de la variable 33

Tabla 2 Nivel de referencia diagnóstico típico para la serie angiotomografía coronaria 41

Tabla 3 Característica de los pacientes 41

Tabla 4 Parámetros técnicos empleados para la serie de angiotomografía coronaria 43

Tabla 5 Valor mediano del CTDIvol obtenido en la serie de angiotomografía coronaria 45

Tabla 6 Valor mediano del DLP obtenido en la serie de angiotomografía coronaria 46

Tabla 7 Caracterización de los valores CTDIvol y DLP medianos de la serie de angiotomografía coronaria según categorías de IMC 47

Tabla 8 Nivel de referencia diagnóstico típico obtenido, respecto al proyecto EUCLID establecido para la serie de angiotomografía coronaria 49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación del CTDIvol (mGy) para la serie de angiotomografía coronaria. 49

Figura 2. Comparación del DLP (mGy·cm) para la serie de angiotomografía coronaria. 50

Figura 3. Diferencia absoluta y porcentual entre la Clínica Internacional y el proyecto EUCLID para la serie de angiotomografía coronaria. 50

Resumen

Objetivo: Determinar el nivel de referencia diagnóstico típico para la serie de angiotomografía coronaria indicada para la evaluación de arterias coronarias en la Clínica Internacional.

Metodología: El estudio adoptó una investigación de carácter aplicado, con un enfoque cuantitativo, retrospectivo, de perfil descriptivo con un modelo no experimental. El universo de investigación incluyó exámenes de tomografía computarizada cardíaca realizados en la Clínica Internacional a lo largo de los meses que van desde julio hasta octubre del 2025. La muestra estuvo conformada por 223 estudios con protocolo de angiotomografía coronaria y con serie para la evaluación de arterias coronarias hechos a través de un sistema tomográfico de marca General Electric modelo Revolution CT de 256 filas de detectores. Además, se evaluaron características sociodemográficas y antropométricas de los pacientes, parámetros técnicos empleados en la serie e índices dosimétricos resultantes.

Resultados: Se identificó predominancia de pacientes de sexo masculino (52,9 %) y de intervalo de edades de 61 a 65 años (17,5 %), mientras que el sobrepeso fue la categoría de IMC más frecuente (47,1 %). Asimismo, se registró una tensión media del tubo de 118,92 kV, carga del tubo de 741,94 mAs, longitud escaneada de 152,46 mm y valores constantes para el pitch, rotación del tubo y técnica de sincronización cardíaca en el 100 % de los casos. En la Clínica Internacional, la serie de angiotomografía coronaria orientada a la evaluación de arterias coronarias arrojó niveles de referencia típicos de 41,49 mGy y 634,42 mGy·cm, para el CTDIvol y DLP, respectivamente.

Conclusión: El nivel de referencia diagnóstico típico para la evaluación de arterias coronarias mediante la serie de angiotomografía coronaria en la Clínica Internacional resultó superior en comparación con el proyecto EUCLID. Sin embargo, con otros antecedentes evidenció variabilidad que coincidió con diferencias en las características de los protocolos de adquisición, en particular el tipo de sincronización cardíaca, lo que sugiere posibles oportunidades de optimización en la práctica institucional.

Palabras clave: Nivel de referencia diagnóstico típico, angiotomografía, arterias coronarias.

Abstract

Objective: To determine the typical diagnostic reference level for the coronary computed tomography angiography series indicated for the evaluation of the coronary arteries at Clínica Internacional.

Methodology: The study adopted an applied research design with a quantitative, retrospective, descriptive approach and a non-experimental model. The study population comprised cardiac computed tomography examinations performed at Clínica Internacional between July and October 2025. The sample consisted of 223 studies with a coronary computed tomography angiography protocol and a series for the evaluation of coronary arteries, performed using a General Electric Revolution CT scanner with 256 detector rows. In addition, patients' sociodemographic and anthropometric characteristics, the technical acquisition parameters used in the series, and the resulting dosimetric indices were assessed.

Results: A predominance of male patients (52.9%) and of the 61-to-65-year age group (17.5%) was identified, while overweight was the most frequent BMI category (47.1%). A mean tube voltage of 118.92 kV, a mean tube current–time product of 741.94 mAs, a scan length of 152.46 mm, and constant values for pitch, gantry rotation time, and cardiac synchronization technique were also recorded in 100% of the cases. At Clínica Internacional, the coronary computed tomography angiography series for the evaluation of coronary arteries yielded typical reference levels of 41.49 mGy and 634.42 mGy·cm for CTDIvol and DLP, respectively.

Conclusion: The typical diagnostic reference level for the evaluation of coronary arteries through the coronary computed tomography angiography series at Clínica Internacional was higher than the value established by the EUCLID project. However, when compared with other reference studies, it showed variability that coincided with differences in acquisition protocol characteristics, particularly the type of cardiac synchronization, suggesting possible opportunities for optimization in institutional practice.

Keywords: Typical Diagnostic Reference Level, angiography, coronary arteries.

CAPÍTULO I:

INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ANTECEDENTES

En las últimas décadas, la tecnología en el ámbito de la salud ha experimentado un notable crecimiento reflejado en el uso cada vez más habitual de métodos de diagnóstico y de tratamiento al servicio de la población. Entre ellos, destacan equipos tecnológicos que emplean radiación ionizante, cuya importancia ha llevado a que los gobiernos de todo el mundo evalúen e incluyan dentro de sus planes presupuestales la adquisición de los mismos considerándolos un progreso sustancial de cara al crecimiento de la medicina en sus respectivos países. Pero ese avance trajo consigo uno de los mayores motivos de inquietud para el colectivo de investigadores: el incremento contínuo de la exposición médica a la radiación (1).

Frente a este panorama, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), entidad orientada a brindar pautas sobre asuntos concernientes a la protección radiológica, ha priorizado la implementación de los niveles de referencia diagnósticos (NRD) en procedimientos de rayos x, mamografía, fluoroscopia, tomografía computarizada y medicina nuclear, dado el aumento sostenido de la exposición asociada a estas prácticas. Los NRD aparecen por primera vez en la publicación 60. Después se desarrollaron de forma explícita en las publicaciones 73 y 103, hasta consolidarse con mayor profundidad en la publicación 135, del año 2017. No es, entonces, un término nuevo (2).

La idea de gestionar coherentemente las cantidades de radiación administradas a quienes se someten a procedimientos radiológicos mediante “niveles de referencia” surge en el Reino Unido en 1989 como resultado de una encuesta nacional realizada en sus diversos hospitales, la cual mostró una amplia variación en los niveles de dosis administrados en procedimientos radiológicos similares (3). Posteriormente, en 1997, la Unión Europea implementó el uso de los NRD en sus estados miembros, estableciendo su aplicación y revisión periódica como obligatorias (4). Con el tiempo, se ha demostrado que los NRD cumplen con el propósito de identificar dosis de radiación anormalmente altas o bajas en exámenes rutinarios y de orientar la implementación de medidas de optimización

radiológica en los países y centros que lo apliquen proporcionando un nivel de dosis coherente para un propósito clínico indicado (2). Por ejemplo, en los últimos veinte años los niveles de referencia de alcance nacional fijados en territorio británico para procedimientos comunes de rayos x en pacientes adultos han mostrado una reducción de hasta el 50 % como resultado de mejoras en las prácticas diagnósticas que emplean radiación (5).

Mediante el uso de radiación ionizante, la tomografía computarizada permite obtener representaciones anatómicas internas con alto nivel de detalle, lo que la ha consolidado como un procedimiento diagnóstico en constante desarrollo. Su creciente disponibilidad y su rapidez de ejecución explican que se haya convertido en un recurso habitual para reducir la incertidumbre diagnóstica en la evaluación de pacientes (6). Sin embargo, este uso intensivo ha elevado de forma considerable la exposición médica a la radiación, lo que resulta preocupante dado el vínculo entre la radiación ionizante y la posibilidad de efectos biológicos adversos que podrían dañar al paciente (7).

En 2010, el Comité Científico de las Naciones Unidas sobre los Efectos de la Radiación Atómica (UNSCEAR), estimó que la tomografía computarizada representaba alrededor del 43 % de la dosis colectiva mundial derivada de procedimientos diagnósticos (7). Mientras que en Estados Unidos, estudios actuales revelan que entre 2007 y 2023 existió un incremento del 35 % en la realización de estudios tomográficos, una tendencia que no se atribuye exclusivamente al crecimiento poblacional, lo cual afirma la conveniencia de impulsar un uso justificado y optimizado de la radiación mediante el empleo de los NRD (8).

Para la ICRP, los NRD deben determinarse a partir de indicadores dosimétricos fácilmente medibles, los cuales; por lo general, se presentan en los informes de dosis emitidos por los mismos equipos radiológicos. En el caso de la tomografía computarizada los indicadores recomendados para su determinación son el CTDIvol y el DLP, expresados en mGy y mGy·cm, respectivamente. De este modo, los NRD pertenecen a un nivel de investigación que permite establecer valores a nivel típico, local, nacional y regional, según las medianas

obtenidas de los datos recopilados en uno o varios lugares. En consecuencia, su correcta aplicación dependerá tanto del compromiso y regulación por parte de las autoridades competentes de cada país, como de la cooperación activa de los profesionales que participan en la exposición médica (2,3).

Aunque las Normas Básicas de Seguridad (IAEA Safety Standards GSR Part 3) ya contemplan el uso de los NRD como un requisito, en América Latina los esfuerzos por establecerlos de manera efectiva son limitados o aún no se han concretado. En general, los países de la región presentan limitaciones en la obtención y sostenibilidad de sus valores de referencia, pese a algunas iniciativas que han intentado determinarlos a partir de datos típicos y locales, estos no siempre han sido consistentes ni plenamente alineados con las guías internacionales actualizadas (9).

Impulsado por la Sociedad Europea de Radiología, el proyecto EUCLID (European Study on Clinical Diagnostic Reference Levels for X-ray Medical Imaging) se ha consolidado como uno de los aportes más relevantes en el desarrollo actual de los NRD. Este proyecto recopiló y estructuró una serie de investigaciones europeas que proponían un enfoque clínico para el establecimiento de los NRD en respuesta a la ausencia de uniformidad en los procedimientos de imagen por tomografía computarizada (10). Esta perspectiva, respaldada por la ICRP, plantea que los NRD deben definirse según la indicación clínica y no limitarse únicamente a la región anatómica evaluada, como se sugería inicialmente y como todavía ocurre en la práctica (11). Esto se debe a que una zona corporal puede estar implicada en diversas indicaciones clínicas, cada una con protocolos particulares y niveles de exposición distintos, lo que da lugar a una significativa variabilidad en los valores de referencia (4,10).

Concretamente, gracias a los aportes del proyecto EUCLID se pudieron seleccionar y categorizar múltiples indicaciones clínicas (10 en tomografía computarizada y 4 en radiología intervencionista) y para cada una de ellas se establecieron sus respectivos NRD (12). En el ámbito de la tomografía computarizada, se establecieron valores diferenciados según la región anatómica y la indicación clínica; por ejemplo, para la región torácica se

reportaron los siguientes valores de DLP para el examen completo (Anexo II): cáncer de pulmón, 628 mGy·cm; embolia pulmonar, 364 mGy·cm; enfermedad coronaria para evaluación de vasos coronarios, 459 mGy·cm; y para la estratificación de calcio, 81 mGy·cm. El protocolo de angiotomografía coronaria es, después del de cáncer de pulmón, el que concede mayor dosis de radiación. De hecho, la serie de angiotomografía para evaluar arterias coronarias es la que representa la mayor dosis asociada al procedimiento, con un CTDIvol de 25 mGy y un DLP de 415 mGy·cm reportados por EUCLID (12,13).

En el Perú, la protección radiológica en el diagnóstico con equipos de radiología está regulada por la Norma IR. 003-2024: Requisitos de Protección Radiológica en Diagnóstico Médico con Equipos de Rayos x, emitida por el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN). Si bien esta norma incorpora los principios de justificación y optimización de las exposiciones médicas, no desarrolla de forma explícita un marco para implementar los NRD en tomografía computarizada y mucho menos en otras modalidades del radiodiagnóstico (14). Esta situación refleja en conjunto limitaciones estructurales como la falta de personal especializado, escasez de un sistema eficiente de gestión y análisis de datos clínicos y dosimétricos, escasa articulación entre los diferentes actores del sector, entre otros (9,15).

En este contexto y ante la escasez de valores publicados sobre niveles de referencia diagnósticos desarrollados para tomografía computarizada a nivel de todo el país, este trabajo busca aportar nueva evidencia concreta específicamente para la serie de angiotomografía coronaria indicada para la evaluación de arterias coronarias. Para ello, se recopilaron indicadores de dosis obtenidos de informes de dosis generados por un tomógrafo marca General Electric modelo Revolution CT de 256 filas de detectores perteneciente a la clínica evaluada con el fin de dar respuesta al siguiente cuestionamiento:

¿Cuál es el nivel de referencia diagnóstico típico para la serie de angiotomografía coronaria indicada para la evaluación de arterias coronarias en la Clínica Internacional?

Debido a ello, se detallan algunos estudios internacionales

Cabrera y col. (16) en 2023, presentaron una investigación titulada *"Determinación de niveles de referencia de diagnóstico locales en patologías coronarias por tomografía computarizada en la sede de Clínica Alemana de Vitacura entre enero y diciembre de 2022"* cuyo objetivo fue establecer NRD para patologías cardiovasculares en angiotomografía de arterias coronarias en un centro de Chile. Método: Se ejecutó una investigación cuantitativa, descriptiva, transversal y retrospectiva, en el que se analizaron 119 estudios de angiotomografía coronaria realizados en personas que presentaron un IMC entre 18,5 y 24,9 kg/m². Se diferenciaron las series de adquisición correspondientes a la angiotomografía coronaria y al score de calcio, evaluadas durante un año en un único centro, mediante un tomógrafo Canon Aquilion ONE. Para el análisis dosimétrico se calcularon las medianas de los indicadores CTDIvol y DLP de cada serie, las cuales posteriormente fueron comparadas con los valores de referencia establecidos en guías internacionales. Resultados, se obtuvo para la serie de score de calcio, un CTDIvol de 6,6 mGy y un DLP de 97,4 mGy·cm, mientras que la serie de angiotomografía coronaria registró 21,7 mGy y 303,4 mGy·cm, respectivamente. Al considerar el conjunto de los estudios, los valores obtenidos fueron de 62,3 mGy para el CTDIvol y 468,8 mGy·cm para el DLP. Conclusión: Los valores obtenidos por la clínica resultaron menores a los de los estudios internacionales de los últimos cinco años, lo que sugiere que sus protocolos para la adquisición de las series de exploración coronaria y puntuación de calcio se encuentran dentro de los parámetros apropiados y no ameritan una revisión urgente.

En 2023, Bona y col. (17) publicaron un estudio titulado "*Coronary Computed Tomography Angiography with Deep Learning Image Reconstruction: A Preliminary Study to Evaluate Radiation Exposure Reduction"* con el propósito de analizar la calidad diagnóstica de la imagen y la disminución de dosis lograda en un centro de escaneo tomográfico en Italia tras la modernización de sus equipos. Método: El trabajo se ejecutó de manera retrospectiva, en el cual, se evaluaron 40 pacientes y los dividieron en dos grupos de acuerdo a la tecnología del equipo empleado (Philips y General Electric) para el procedimiento de angiotomografía coronaria. Los pacientes presentaron un peso medio de 75,1 kg (58–112 kg) en el primer grupo y de 78,9 kg (53–103 kg) en el segundo.

Resultados: Los valores medianos para la serie de angiotomografía coronaria en ambos grupos fue de CTDIvol 62 mGy y 12,8 mGy respectivamente, mientras que el DLP fue de 1140 mGy (1072–1308) y 204 mGy·cm (74-481) respectivamente, mientras las medianas para el estudio completo resultaron con un DLP de 1158 mGy·cm y 221 mGy·cm, respectivamente. Conclusiones: Los valores medianos de DLP en el centro disminuyeron significativamente en los últimos años debido a la tecnología empleada y se encontraron cercanos a los NRD nacionales de Italia 1208 mGy·cm , Francia 870 mGy·cm y Reino Unido 209 mGy·cm.

Garba y col. (18) en 2022 llevaron a cabo un estudio titulado "*First cardiac computed tomography typical radiation dose values from a single centre in Nigeria: A pilot study*" cuyo objetivo fue establecer valores típicos de dosis de manera preliminar en un único centro de tomografía computarizada como paso inicial para la futura implementación de un NRD en Nigeria. Métodos: Para el estudio se recogieron mediana de datos correspondientes al CTDIvol y DLP de 58 pacientes tanto para la serie de angiotomografía coronaria como para la determinación del score de calcio. Resultados: El score de calcio resultó con un CTDIvol de 5,9 mGy y el DLP 86,6 mGy·cm, mientras que para la angiotomografía coronaria el CDTIvol fue de 11,1 mGy y el DLP de 190,8 mGy·cm. Además, se observó una amplia variabilidad de dosis en términos de CTDIvol y DLP para la serie de angiotomografía coronaria de 3,8 a 52,8 mGy y 32,8 y 834,9 mGy·cm, respectivamente. Conclusiones: Los valores típicos de dosis resultaron ser inferiores a los niveles de dosis internacionales, sin embargo, la amplia variedad de dosis resulta preocupante.

Alhailiy y col. (19) en 2018 publicaron un estudio titulado "*Diagnostic reference levels for cardiac CT angiography in Australia*" cuyo objetivo principal fue proponer un NRD nacional para los procedimientos de angiotomografía coronaria en Australia. Métodos: La investigación recopiló retrospectivamente información clínica y técnica de nueve centros participantes, evaluando un total de 388 pacientes con un IMC promedio de 28 ± 5 kg/m². Se consideró el percentil 75 de los valores de CTDIvol y DLP para las series de

angiotomografía coronaria y puntuación de calcio como referencia para el NRD nacional. Resultado, el NRD establecido para la serie de angiotomografía coronaria en Australia fue de 22 mGy en CTDIvol y 268 mGy·cm para DLP, mientras que el destinado al cálculo de la puntuación de calcio un DLP de 137 mGy·cm. Conclusión: Los NRD obtenidos en Australia resultaron inferiores a los publicados debido a la implementación de tecnologías relacionadas al ahorro de dosis, modo de sincronización cardíaca prospectiva y algoritmos de reconstrucción iterativa.

Alhailiy y col. (20) en 2018 realizaron un estudio titulado "*Establishing diagnostic reference levels for cardiac computed tomography angiography in Saudi Arabia*" orientado a cuantificar radiación emitida al paciente y establecer un NRD nacional para la práctica de estudios cardíacos. Métodos: Se analizaron retrospectivamente los datos correspondientes a 197 estudios de angiotomografía realizados en pacientes con un peso promedio de 77 kg, procedentes de doce hospitales; determinando el percentil 75 de los indicadores de dosis que recomienda la ICRP como NRD nacional para los dos modos de adquisición sincronizados con el electrocardiograma (ECG). Resultados, Los valores de NRD nacionales para el CTDIvol y el DLP, según el modo de adquisición empleado en la serie de angiotomografía coronaria, constaron de un CTDIvol de 29 y 62 mGy para la adquisición prospectiva y retrospectiva, respectivamente; mientras que para el DLP fueron de 393 y 1057 mGy·cm, respectivamente. Conclusiones: Los resultados obtenidos en Arabia Saudita son comparables y ligeramente inferiores a los establecidos en Europa, sin embargo, se observaron variaciones significativas en las dosis relacionadas a los diferentes equipos de tomografía computarizada, modos de adquisición y protocolos utilizados en cada centro.

1.2 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo académico encuentra su fundamento teórico frente a la exigencia de generar evidencia local alineada con los criterios de la ICRP 135, que orientan la determinación y aplicación de los NRD en procedimientos diagnósticos de alta dosis. Si bien el concepto y la validación de los NRD han sido desarrollados y respaldados progresivamente a nivel

internacional, la evidencia generada en el contexto local ha sido limitada o insuficiente, especialmente en lo que respecta a su determinación basada en indicaciones clínicas específicas como sugiere el proyecto EUCLID. Por ello, este estudio busca aportar información actualizada, contextualizada y técnicamente fundamentada, contribuyendo al establecimiento de valores de referencia coherentes con las recomendaciones internacionales.

La utilidad práctica de este estudio consiste en que sus hallazgos contribuirán a optimizar el manejo de los niveles de radiación administrados a las personas atendidas en la clínica evaluada, particularmente en la serie de angiotomografía coronaria, la cual se caracteriza por involucrar niveles relativamente elevados de exposición a la radiación. Definir un nivel de referencia diagnóstico típico tiene como propósito mantener las dosis dentro de los márgenes reconocidos internacionalmente, de modo que no se vea afectado ni el resultado diagnóstico inmediato ni la salud del paciente a futuro.

En términos metodológicos, la investigación se orienta a establecer el NRD típico para la serie de angiotomografía coronaria a partir de las medianas de los indicadores dosimétricos recomendados por la ICRP (CTDIvol y DLP), reportados en los informes correspondientes. Estos resultados, a su vez, podrían constituir un punto de partida para iniciativas futuras que busquen definir niveles de referencia diagnósticos para este tipo de procedimiento a escala local, nacional y regional.

La justificación social se alineará conforme a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y enmarcados dentro de la Agenda 2030. En ese contexto, el presente estudio se alinea con:

OBJETIVO 3: Salud y Bienestar

- Meta 3.9: “Para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo (21)”. Aunque esta meta apunta principalmente a mitigar los riesgos derivados de la exposición a sustancias químicas peligrosas, el

incremento sostenido de la exposición médica a la radiación ionizante, junto con la evidencia científica sobre sus posibles efectos biológicos, respalda su vínculo con este objetivo. En ese sentido, el uso de los NRD como herramienta de optimización favorecerá prácticas más responsables, eficientes y de calidad, enfocadas en proteger al paciente y en fortalecer continuamente el entorno sanitario.

OBJETIVO 9: Industria, Innovación e Infraestructura

- Meta 9.5: "Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países, en particular los países en desarrollo, entre otras cosas fomentando la innovación y aumentando considerablemente, de aquí a 2030, el número de personas que trabajan en investigación y desarrollo por millón de habitantes y los gastos de los sectores público y privado en investigación y desarrollo (22)". La relación de esta meta con el presente estudio radica en que busca impulsar una mayor investigación sobre los NRD, no solo en tomografía computarizada sino en todas las áreas del radiodiagnóstico y de intervención, con el fin de contribuir al fortalecimiento de las políticas de gestión dosimétrica tanto en territorio peruano como en la región latinoamericana.

OBJETIVO 16: Paz, Justicia e Instituciones Sólidas

- Meta 16.10: "Garantizar el acceso público a la información y proteger las libertades fundamentales, de conformidad con las leyes nacionales y los acuerdos internacionales (23)". La relación de esta meta con la presente investigación radica en que el establecimiento de los NRD promueve la claridad y el libre acceso a la documentación acerca de los niveles de radiación utilizados en las exploraciones de diagnóstico por imagen. Asimismo, busca que los futuros profesionales, investigadores y autoridades competentes en protección radiológica dispongan de datos veraces, accesibles y confiables que funcionen como sustento en la adopción de decisiones informadas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el nivel de referencia diagnóstico típico para la serie de angiotomografía coronaria indicada para la evaluación de arterias coronarias en la Clínica Internacional.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a los pacientes según sexo, edad e índice de masa corporal.
- Determinar los parámetros técnicos empleados para la serie de angiotomografía coronaria.
- Identificar el valor mediano del CTDIvol obtenido en la serie de angiotomografía coronaria.
- Identificar el valor mediano del DLP obtenido en la serie de angiotomografía coronaria.
- Comparar el nivel de referencia diagnóstico típico obtenido, respecto al proyecto EUCLID establecido para la serie de angiotomografía coronaria indicada para la evaluación de arterias coronarias.

1.4 BASES TEÓRICAS

1.4.1 BASE TEÓRICA

- HISTORIA DE LOS NIVELES DE REFERENCIA DIAGNÓSTICOS

Hacia 1989, en territorio británico, un grupo de investigadores realizó una encuesta nacional orientada a estimar dosis de referencia nacionales para procedimientos similares usando rayos x, la cual reveló una notable variabilidad en los niveles de dosis entre los centros encuestados (3).

Fue en 1991, mediante su Publicación 60, que la ICRP introdujo por primera vez el concepto de los niveles de referencia. Si bien no hace explícito el nombre “nivel de referencia diagnóstico”, recomienda que las autoridades reguladoras empleen niveles de investigación o restricciones de dosis para procedimientos diagnósticos radiológicos comunes. Asimismo, consideró la necesidad de aplicarlos de forma flexible, ya que se podrían permitir ciertos niveles de dosis cuando la valoración clínica del paciente lo permita (24).

En 1996, la ICRP reconoció formalmente el empleo de los valores de referencia en su publicación 73. Según este documento, su uso permite identificar si, en la práctica habitual, los niveles de exposición o la actividad suministrada al paciente en procedimientos radiológicos específicos resultan anormales. En tal caso, se deberá realizar un análisis orientado a verificar si la protección fue optimizada de manera conveniente o si se requieren medidas correctivas (24).

En 1997, la Unión Europea incorporó formalmente el concepto de los niveles de referencia diagnósticos en su legislación, estableciendo obligatoriedad en sus estados miembros (4).

En 2001, la ICRP agrega que los niveles de referencia diagnósticos no deben utilizarse con fines regulatorios ni comerciales. Además, destacó que los NRD no están vinculados a límites de dosis ni deben interpretarse como restricciones (4).

En 2013, la Unión Europea reforzó y amplió los requisitos previamente establecidos en relación con los niveles de referencia mediante la Directiva del Consejo 2013/59/EURATOM. Este marco normativo exige a los países integrantes garantizar el establecimiento, revisión periódica y aplicación efectiva de los NRD, tomando como base los valores recomendados y disponibles. Asimismo, destaca que en caso los niveles establecidos sean superados de manera sistemática, deben implementarse revisiones locales y medidas correctivas de forma inmediata (25).

En 2017, la publicación 135 de la ICRP estableció criterios detallados que permiten comprender con mayor claridad el propósito y la aplicación de los niveles de referencia en

la práctica clínica diaria. Este documento proporciona una guía integral que abarca su determinación en múltiples modalidades de imagen, reevaluación y actualización periódica, uso adecuado en la práctica clínica, así como los métodos para su implementación práctica. Además, extiende estos criterios a las tecnologías más actuales y enfatiza que este concepto debe formar parte de la preparación del personal sanitario (2).

- FUNDAMENTO LEGAL Y NORMATIVO DE LOS NIVELES DE REFERENCIA DIAGNÓSTICOS

La ICRP es un organismo internacional independiente que proporciona la mayoría de las recomendaciones que actualmente constituyen la base normativa en materia de protección radiológica en numerosos países como ocurre con el caso de los NRD (26). Los NRD cuentan con el respaldo de diversas organizaciones internacionales profesionales y reguladoras como el Colegio Americano de Radiología (ACR), la Asociación Americana de Físicos en Medicina (AAPM), la Agencia de Protección de la Salud del Reino Unido (RU), el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Comisión Europea (CE) (27).

La Unión Europea, en concordancia con las recomendaciones internacionales, establece mediante la Directiva del Consejo 2013/59/EURATOM la obligatoriedad para todos los estados miembros de implementar de forma activa los NRD (27). Asimismo, el OIEA adopta las recomendaciones de la ICRP y las incorpora como requisito dentro de sus Normas Básicas de Seguridad para la Protección contra las Radiaciones y la Seguridad de las Fuentes Radiactivas (Safety Standards GSR Part 3). Sin embargo, según Díaz y col. (9), en varios de los países que forman parte de este organismo, entre ellos Perú, estos lineamientos aún no se aplican debido a factores como la limitada disponibilidad de personal especializado, la escasa cooperación entre instituciones y las trabas burocráticas presentes en algunos organismos reguladores.

La Red Europea ALARA (28) recopila y difunde algunos ejemplos de legislación y regulaciones vigentes en distintos países europeos.

En Francia, los NRD fueron incorporados a su normativa mediante la orden ministerial del 12 de febrero de 2004, como parte del proceso de transposición de la Directiva 97/43/EURATOM de la Unión Europea a la legislación nacional. Cada año, los investigadores responsables deben evaluar al menos veinte pacientes bajo condiciones estándar para, por lo menos, dos tipos específicos de procedimientos diagnósticos. Los datos obtenidos deben enviarse al Instituto de Radioprotección de Seguridad Nuclear (IRSN), organismo encargado de su recopilación y posterior análisis (28).

En Alemania, los NRD fueron incorporados a su normativa mediante la Directiva Europea 97/43/EURATOM. En ella, la Oficina Federal de Protección Radiológica (BFS) es la encargada de establecer y publicar los NRD. En caso de que las autoridades médicas detecten que los NRD son excedidos de forma sistémica y sin justificación médica, están en la capacidad de brindar asistencia en la implementación de medidas de optimización, las cuales deben ser corregidas en un plazo aproximado de seis meses (28).

En Italia, los NRD fueron establecidos mediante el Decreto Legislativo n.º 187 del 26 de mayo de 2000 como parte del proceso de transposición de la Directiva 97/43/EURATOM de la Unión Europea a su legislación. Conforme a esta normativa, cada departamento de radiología debe contar con un programa de aseguramiento de calidad orientado a optimizar sus procedimientos. Además, el decreto exige la revisión de las dosis administradas al menos cada dos años y dispone que el personal involucrado en el uso de radiaciones ionizantes debe recibir capacitación continua, participando en cursos de actualización al menos cada cinco años (28).

En Grecia, el reglamento griego de protección radiológica asigna a los expertos en protección radiológica de las unidades de diagnóstico por imagen y del ámbito de la medicina nuclear la responsabilidad de organizar y ejecutar programas destinados a la determinación de los NRD para cada procedimiento realizado en el servicio. Los valores obtenidos deben ser comparados con los NRD nacionales con el propósito de fundamentar la adopción de resoluciones en materia de optimización de la dosis (28).

En Suecia, los NRD se implementaron a su normativa nacional en el 2002. Como parte de su regulación, la autoridad competente no solo exige la determinación obligatoria de dosis estándar en un plazo máximo de dos años, sino que también está facultada para solicitarlas en cualquier momento mediante inspecciones regulatorias (28).

- NIVEL DE REFERENCIA DIAGNÓSTICO

Para la ICRP, un nivel de referencia diagnóstico constituye un nivel de investigación que propone un valor de dosis orientativo para pacientes de tamaño estándar, y se determina a partir de indicadores dosimétricos obtenidos de procedimientos radiológicos diagnósticos o intervencionistas realizados de forma rutinaria en una o varias zonas geográficas (2,29). Es decir, se utiliza un conjunto de datos (no datos individuales) obtenidos de procedimientos radiológicos realizados en uno o más centros dentro de un país, y posteriormente se establecen los NRD correspondientes a las medianas o al tercer cuartil (p75) de la distribución. En ese sentido, los niveles de referencia diagnósticos no constituyen un límite entre la buena y mala práctica médica ni mucho menos deben interpretarse como limitantes de dosis, por el contrario, actúan como una herramienta de optimización, identificando dosis inusuales para ese procedimiento en particular y promoviendo el uso de la menor magnitud de radiación posible sin comprometer la idoneidad diagnóstica del examen (2).

Si bien, las mediciones obtenidas no corresponden directamente a dosis absorbidas por el paciente, su importancia radica en que reflejan la exposición a la radiación asociada al procedimiento y constituyen un parámetro de garantía en los diferentes equipos de radiodiagnóstico (30). Por ejemplo, el Colegio Americano de Radiología (ACR) desarrolló en 2002 su programa de acreditación en tomografía computarizada. En este programa, un físico médico mide en fantomas la dosis de cada tomógrafo del centro evaluado con los parámetros técnicos promedio de este, para protocolos de cabeza y abdomen de adultos y de cabeza y abdomen pediátricos, y compara los valores obtenidos con criterios de aprobación o rechazo y con niveles de referencia. Ambos se expresan como CTDIvol y los criterios de aprobación son más altos que los niveles de referencia; por ejemplo, en

abdomen de adulto el criterio es de 30 mGy y el nivel de referencia de 25 mGy. Un equipo que supera el nivel de referencia, pero no el criterio de aprobación, no pierde la acreditación, de modo que el nivel de referencia opera como una señal de alerta y no como un límite (31,32).

- ESTABLECIMIENTO Y ALCANCE DE LOS NIVELES DE REFERENCIA DIAGNÓSTICOS

Existen distintos niveles de alcance geográfico a partir de los cuales se establecen los NRD.

- Típicos: Se determinan a partir de la mediana de la distribución de datos obtenidos en uno o varios servicios de radiología ya que no hay suficientes datos para utilizar el tercer cuartil, y se aplican principalmente en centros individuales (10).

- Locales: Se calculan a partir del tercer cuartil de las medianas obtenidas en un grupo reducido de centros (habitualmente entre 10 y 20 salas de rayos x) dentro de una misma área geográfica (10).

- Nacionales: Se calculan a partir del percentil 75 de las medianas obtenidas de un conjunto representativo de centros asistenciales distribuidos en todo el país. Además, constituyen la base para las políticas públicas de optimización y supervisión en materia de protección radiológica (10).

- Regionales: Se obtienen a partir del tercer cuartil de las medianas provenientes de datos agregados de varios países dentro de una misma región o continente (10).

- INDICADORES DOSIMÉTRICOS DE LOS NIVELES DE REFERENCIA DIAGNÓSTICO EN TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

El indicador dosimétrico aceptado por la ICRP debe tener la característica de ser fácilmente medible y estar diseñado para evaluar la magnitud de la dosis administrada en un procedimiento radiológico específico. En tomografía computarizada, los indicadores dosimétricos CTDIvol y DLP dependen directamente de los parámetros de adquisición seleccionados (kV, mAs, entre otros) y de otros factores intrínsecos del equipo, como la filtración y la conformación del haz de rayos x. Si bien, constituyen indicadores confiables de dosis, no representan con exactitud la magnitud de radiación absorbida por el paciente, especialmente porque no consideran su tamaño (2,33).

En ese sentido, los equipos de tomografía computarizada generan automáticamente un reporte de dosis donde se extraen las siguientes magnitudes empleadas para el establecimiento de los valores de referencia:

- Índice de dosis en tomografía computarizada en volumen (CTDIvol): Es un indicador dosimétrico estandarizado que cuantifica la emisión de radiación generada por el tomógrafo, calculado a partir de mediciones realizadas en fantomas acrílicos con diámetros de 16 y 32 cm, empleados según la región anatómica evaluada (16 cm para cabeza y 32 cm para cuerpo). El CTDIvol se define en función del pitch del escaneo e indica la cantidad de radiación promedio entregada a un volumen tridimensional específico del paciente. Sin embargo, presenta limitaciones ya que no refleja la dosis real a los pacientes debido a que no considera variaciones individuales en el tamaño corporal, forma anatómica o características que influyan en la atenuación de la radiación. Asimismo, es independiente de la longitud escaneada. Su unidad de medida es el miligray (mGy) (34,35).

$$CTDIvol = \frac{1}{pitch} x\ CTDIw$$

- Producto dosis - longitud (DLP): Este indicador representa la energía impartida al paciente a lo largo de todo el eje longitudinal del estudio. Por ello, su valor puede incrementarse cuando aumenta la longitud escaneada y disminuir cuando esta es

menor. Su importancia radica en que relaciona la intensidad de la dosis de radiación con la longitud total del área escaneada, a diferencia del CTDIvol, que solo considera la intensidad de radiación. Su unidad de medida se cuantifica en unidades de miligray por centímetro (mGy·cm) (2,35).

$$DLP = CTDIvol\ x\ L$$

- NIVELES DE REFERENCIA DIAGNÓSTICO POR INDICACIÓN CLÍNICA EN TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

Gran parte de las publicaciones que establecen NRD especialmente en el ámbito de la tomografía computarizada han enfocado su aplicación en función de regiones anatómicas específicas; sin embargo, la ICRP 135 reconoce que este enfoque es limitado, ya que no contempla la diversidad de indicaciones clínicas asociadas a una misma región anatómica, ni los diferentes protocolos empleados, los cuales implican diferentes niveles de exposición (4). Es decir, para una misma ubicación anatómica como el tórax, pueden aplicarse diferentes protocolos de imagen, como en el caso del estudio de la tromboembolia pulmonar, la detección de cáncer de pulmón, evaluación de arterias coronarias o la cuantificación de calcio coronario, cada uno con requerimientos técnicos y niveles de exposición diferentes.

En agosto de 2017, la Comisión Europea puso en marcha el proyecto “Estudio Europeo sobre Niveles de Referencia Diagnósticos Clínicos para Imágenes Médicas con Rayos X” (EUCLID), con el propósito de categorizar las principales indicaciones clínicas y evaluar la posibilidad de definir niveles de referencia diagnósticos fundamentados en dichos criterios. Para ello, el proyecto recopiló datos provenientes de 19 hospitales de 14 países europeos considerando pacientes con un tamaño corporal promedio reflejado en un IMC en el rango de 18,5 a 25 kg/m²; además, estos datos se complementaron con información procedente de la literatura científica publicada y de informes de las autoridades nacionales competentes (36). Como resultado de ello, en 2020, se identificaron 10 indicaciones

clínicas comunes que servirían como guía estandarizada para la determinación de los NRD basado en indicaciones clínicas siendo los siguientes (Anexo II): ictus, sinusitis crónica, traumatismo cervical, embolia pulmonar, puntuación de calcio coronario, evaluación de arterias coronarias, cáncer de pulmón, carcinoma hepatocelular, dolor cólico/abdominal y apendicitis (37).

Por otro lado, Graciano y col. (11), en el marco del proyecto EUCLID, contribuyeron en 2020 a ampliar el conocimiento sobre los NRD basados en indicaciones clínicas. De tal modo que a través de un análisis estructurado de los antecedentes bibliográficos vigentes hasta ese entonces identificaron 28 indicaciones clínicas adicionales agrupadas en seis áreas anatómicas.

Cabeza

- Accidente cerebrovascular agudo
- Hemorragia/ Aneurisma/ Malformación arteriovenosa
- Metástasis/ Absceso cerebral
- Trauma
- Colesteatoma
- Sinusitis

Columna cervical o cuello

- Trauma
- Patología del disco
- Adenopatía/ Abscesos

Tórax

- Cáncer de Pulmón
- Enfermedad pulmonar intersticial
- Embolia Pulmonar

- Coronarias (angiotomografía)
- Coronarias (Score Calcio)

Abdomen

- Metástasis hepática
- Absceso
- Tumor renal/ cólico
- Abdomen agudo
- Adenocarcinoma de páncreas
- Cálculos renales

Abdomen - pelvis

- Absceso/ linfadenopatía
- Colonoscopía virtual (pólipos/ tumores)
- Angiotomografía de la aorta abdominal
- Cólico
- Oclusión

Tórax - abdomen - pelvis

- Tumor
- Infección
- Seguimiento oncológico

- TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

La tomografía computarizada, desarrollada por Sir Godfrey Hounsfield a partir de 1967, constituyó uno de los avances más significativos en el diagnóstico por imágenes, reconocimiento que le valió el Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1979. Hounsfield consideraba que una imagen debía contener más información que la ofrecida por una película radiográfica convencional, y encontró en las computadoras la herramienta

capaz de superar esa limitación. De esa manera, comprendió que, al efectuar el escaneo de un objeto desde múltiples ángulos, resultaba factible extraer la totalidad de la información contenida en él y reconstruir una imagen tridimensional mediante el procesamiento computacional (38).

En el denominado "gantry", la unidad generadora de rayos x libera un haz angosto de radiación mientras rota alrededor del paciente que se encuentra recostado en la camilla. La radiación conforme avanza en la estructura se va atenuando por las distintas densidades del tejido y su detección se lleva a cabo en la fila de detectores digitales que se encuentran frente a dicho tubo, actuando en simultáneo. Al concluir la rotación, la información recolectada será procesada mediante técnicas matemáticas sofisticadas, cuantificada en una escala de grises y convertida en un corte de imagen bidimensional. Posteriormente estos pueden reorganizarse en múltiples planos y reconstruirse en volúmenes tridimensionales para su visualización (39).

Propiamente dicho, la tomografía computarizada es un estudio de imagen no invasivo que emplea radiación para obtener múltiples cortes en diferentes proyecciones a lo largo de una estructura anatómica. Su utilidad radica en que permite a los radiólogos realizar una evaluación detallada de dichas estructuras, superior a la que ofrecen las radiografías convencionales de proyección única (40). En contraste con la radiografía convencional, la tomografía computarizada reduce de forma considerable la superposición de órganos internos y permite cuantificar con precisión la densidad de los tejidos, lo que representa una ventaja para el proceso diagnóstico (41). Por esta razón, es ampliamente empleada en la evaluación de enfermedades musculares y óseas, la detección de lesiones traumáticas o hemorragias, así como en la guía de procedimientos mínimamente invasivos, como las biopsias y desempeña una función esencial en el monitoreo de la efectividad terapéutica en sujetos con patologías oncológicas (cirugía, quimioterapia o radioterapia) y en la planificación terapéutica, particularmente en radioterapia (42).

Entre los avances más significativos que han revolucionado las imágenes médicas en tomografía computarizada, se destacan:

- Tomografía computarizada helicoidal

En 1989 aparece por primera vez la tomografía helicoidal como resultado de la sustitución de los cables físicos por los anillos deslizantes. Esta innovación posibilitó la rotación continua del conjunto tubo-detector de manera sincronizada con el desplazamiento de la mesa radiográfica. Gracias a ello, se logró explorar un mayor volumen en menor tiempo y generar imágenes tridimensionales de mejor calidad diagnóstica (43).

- Tomografía computarizada multidetector (TCMD)

Fue en 1998 cuando se desarrolló la tomografía multidetector, consecuencia directa del incremento en la cantidad de detectores incorporados a los equipos. Los primeros equipos contaban con 4 filas de detectores, que posteriormente evolucionaron a 16 y 64 filas, con dimensiones incluso menores a 1 mm, además de un aumento progresivo en la rapidez de giro del tubo de rayos x (0,3–0,4 s) lo cual permitía la adquisición de múltiples perfiles de un gran número de secciones (43).

Por otro lado, Karthikeyan (44), menciona las ventajas que resultaron de la aparición de los equipos multidetectores.

- Mejoramiento de la resolución temporal: El aumento en la rapidez de adquisición, lo cual disminuye la aparición de artefactos de movimiento tanto voluntarios como involuntarios (44).

- Mejoramiento de la resolución espacial en el eje z: La capacidad de obtener cortes más finos reduce los artefactos de volumen parcial y brindan al estudio mayor exactitud diagnóstica (44).

- Incremento de la concentración del material de contraste intravascular: Al aumentar la rapidez de adquisición, el material de contraste puede ser aplicado a una tasa más rápida, lo cual mejora la diferenciación de arterias y venas y condiciones patológicas ricas en flujo (44).

- Disminución del ruido en la imagen: Debido a la naturaleza multidetector de estos equipos es posible estudiar extensiones largas del paciente, en consecuencia, se requiere una mayor corriente del tubo lo cual contribuye a reducir la interferencia visual en la imagen y mejorar su nitidez (44).

- Uso eficiente del tubo de rayos x: La duración de exploración más corta contribuye a que los retrasos por calentamiento del tubo sean mínimos o casi nulos (44).

- Gran cobertura anatómica: A comparación de los equipos helicoidales de sección simple, los multidetector aportan mayor cobertura anatómica ya que registran múltiples secciones en cada rotación y al aumento de la rapidez de rotación del soporte (44).

La tomografía computarizada multidetector se utiliza habitualmente en modo helicoidal, salvo en procedimientos específicos que requieren un enfoque distinto, como la tomografía computarizada cardíaca, donde se emplea según el enfoque del protocolo para la serie de cálculo del calcio coronario como la de angiotomografía coronaria (43).

- Tomografía computarizada cardíaca (TCC)

La visualización anatómica del corazón, sus cavidades, arterias coronarias y el árbol vascular torácico mediante tomografía computarizada se logra sincronizando la adquisición de los cortes con el registro electrocardiográfico (ECG) del paciente (45). El ECG muestra una onda eléctrica denominada “pico R” que el equipo utiliza como referencia para adquirir las imágenes, luego, el tiempo inmediato al pico R es la sístole ventricular seguida por la diástole, siendo esta última la fase más estable del ciclo cardíaco para la obtención de las imágenes con menor presencia de artefactos. Así, el intervalo de tiempo R-R del ciclo cardíaco para una persona con 60 latidos por minuto es de 1 s o 1000 ms (44).

La estructura cardíaca, al encontrarse en constante movimiento, requiere una adquisición rápida (resolución temporal) que permita la visualización nítida del órgano estudiado (resolución espacial) en la fase adecuada del ciclo cardíaco. Por ello, los estudios cardíacos se realizan con tomógrafos multidetectores (mínimo 64 filas de detectores) que permiten la obtención de múltiples imágenes en simultáneo, una elevada velocidad de adquisición y una alta resolución espacial (44).

En consecuencia, para Prat-González y col. (45), debido a las ventajas que brindan los equipos de TCC sus aplicaciones clínicas más frecuentes son:

- Puntuación de calcio
- Angiotomografía coronaria
- Volumen y morfología de placa ateroesclerótica
- Evaluación de stents coronarios
- Evaluación de injertos de derivación de la arteria coronaria
- Anomalías coronarias
- Electrofisiología
- Masas cardíacas y enfermedad pericárdica

En consecuencia, la elección del método de sincronización cardíaca dependerá de la información diagnóstica que se requiera obtener. En la angiotomografía coronaria, se emplean principalmente dos modalidades de adquisición: la sincronización cardíaca prospectiva y la sincronización cardíaca retrospectiva.

- Sincronización cardíaca prospectiva

Para Bitar y col. (46), el principal uso de esta técnica es cuando se requiere evaluar la anatomía cardíaca y coronaria. El tubo emisor de rayos x libera radiación únicamente

durante una etapa específica del ciclo cardíaco (habitualmente en diástole), lo cual impone ciertas limitaciones al momento de la reconstrucción, pero a su vez reduce la exposición radiológica a la que se somete el paciente.

Karthikeyan (44) agrega que la realización de esta técnica requiere ritmos del corazón reducidos y constantes, preferentemente menores de 60–65 latidos por minuto, por lo que suele reservarse para pacientes jóvenes, en especial mujeres en edad fértil.

- Sincronización cardíaca retrospectiva

Siguiendo con Bitar y col. (46), la elección de esta técnica permite cuantificar la función ventricular o valvular en pacientes con frecuencias cardíacas elevadas o irregularidades del ritmo. Su principal inconveniente radica en que el tubo de rayos x emite radiación de forma continua a lo largo de todo el ciclo cardíaco, lo que incrementa la dosis recibida; su ventaja, en cambio, es que permite reconstruir la mejor fase de dicho ciclo.

Además, agregan que con el fin de contrarrestar el incremento significativo de la dosis en la modalidad retrospectiva, la mayoría de los equipos cuentan con modulación de dosis en la actualidad. De tal manera que, al utilizar este método, el mA solo se va a maximizar durante la fase del ciclo que se haya seleccionado previamente y en el resto del ciclo solo entre el 5 % y el 25 % del total de dosis (46).

- FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DOSIS DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

Para la Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM), los principales factores que modifican directamente la exposición radiológica en tomografía computarizada son la energía del haz de radiación o tensión del tubo (kV), miliamperio (mA), carga del tubo o miliamperio-segundo (mAs), tiempo de rotación del tubo y el pitch. Otros factores actúan de forma indirecta, principalmente a través de su efecto sobre la nitidez de la imagen, como ocurre con los filtros de reconstrucción empleados durante el posprocesamiento (33).

- Tensión del tubo (kV)

Es un parámetro que determina la energía de la emisión de radiación ionizante. Es decir, es el potencial eléctrico del generador de rayos x que permite acelerar los electrones hacia el ánodo y dotarlos de mayor penetrabilidad (33,46). En ese contexto, una reducción del potencial del tubo disminuye el poder de penetración de los rayos x y, por tanto, su poder de penetración. Esto se traduce en una reducción aproximada del 31 % de la dosis, dado que la exposición en tomografía computarizada es, aproximadamente, proporcional al cuadrado del potencial del tubo (33).

- Carga del tubo (mAs)

El producto corriente - tiempo o carga del tubo (mAs) es la medida del flujo de fotones que equivale al producto de la corriente del tubo medida en miliamperios (mA) por el tiempo de exposición (s) determinado por el tiempo de rotación del tubo de rayos x (33,47). Es decir, controla la cantidad de rayos x producidos durante una adquisición.

Si los demás parámetros se mantienen constantes y el mAs se reduce en un 50 % la dosis de radiación también disminuye en la misma proporción. Por el contrario, un aumento del mAs también genera un incremento lineal de los valores de CTDIvol (33).

En algunos equipos, el valor del mAs mostrado corresponde en realidad al mAs efectivo, esto sucede cuando al valor del miliamperio-segundo se le divide el pitch. En tanto, cuando se cambia el pitch, el miliamperio-segundo varía en su misma proporción con el fin de obtener un valor efectivo constante (33).

- Pitch

Es el parámetro que establece el vínculo existente entre el avance de la camilla de la persona examinada junto con la rotación completa del generador de rayos x que permite la obtención de una adquisición volumétrica. Para equipos actuales, el pitch se obtiene al dividir el movimiento horizontal de la camilla a lo largo del eje longitudinal durante una

vuelta entera del tubo de rayos x con el resultado de multiplicar el número de cortes generados durante esa rotación con su respectivo espesor nominal. Además, existe una relación inversa con la exposición ionizante, dado que al duplicar el valor del pitch se produce una reducción aproximada del 50 % en la dosis, siempre que tengamos constantes los demás parámetros (33).

- ANGIOTOMOGRAFÍA CORONARIA

La Revista Española de Cardiología (48) define a la angiotomografía cardíaca como un método de diagnóstico cada vez más común que se emplea principalmente para la visualización de la anatomía cardíaca y de las arterias que lo irrigan mediante el uso del medio de contraste yodado que posibilita examinar el espacio intravascular, identificar la presencia de calcificaciones en las paredes arteriales y precisar el nivel de estrechamiento luminal que generan en pacientes asintomáticos, con bajo o intermedio riesgo cardiovascular o con dolor torácico atípico (46,49).

Las tecnologías empleadas en la tomografía computarizada cardíaca han permitido mejorar progresivamente la visualización de la anatomía coronaria y alcanzar un elevado nivel de precisión diagnóstica. No obstante, en términos de resolución espacial, la angiografía coronaria convencional mantiene una ventaja, debido a que puede alcanzar aproximadamente 0,2 × 0,2 mm, superando la resolución de la angiotomografía coronaria, que puede alcanzar aproximadamente 0,5 × 0,5 × 0,6 mm (50). A pesar de esta diferencia, Alhailiy y col. (20) consideran que la angiotomografía coronaria presenta importantes ventajas frente a la angiografía coronaria convencional, entre ellas su carácter menos invasivo, la capacidad para detectar y caracterizar la placa aterosclerótica, un menor tiempo de adquisición y una mayor rentabilidad. Estas ventajas han favorecido su creciente utilización como método de evaluación de las arterias coronarias. En este sentido, Karlsberg (51) señaló en 2009 que, desde la introducción de la angiotomografía coronaria, el empleo de la angiografía coronaria convencional se redujo en un 40 %.

Bajo esa perspectiva, múltiples investigaciones han demostrado que la angiotomografía coronaria posee un elevado rendimiento diagnóstico destinados a la identificación de patología coronaria oclusiva, registrando una sensibilidad que oscila entre el 91 % y el 99 % y una especificidad que varía entre el 74 % y el 96 %, sin embargo, su mayor utilidad se hace presente en el elevado valor predictivo negativo 99 % - 100 %, ya que los pacientes con una prueba negativa no necesitarán estudios adicionales para descartar la enfermedad obstructiva (48).

- Nivel de referencia diagnósticos nacionales y regionales en angiotomografía coronaria

Autores coinciden en que, en los últimos años, se han realizado esfuerzos para reducir la carga de exposición a la radiación ionizante proveniente de este método, dado que consideran el riesgo carcinogénico una de sus principales desventajas (52,53). Por su parte, Allende y col. (54) consideran que la cantidad de dosis que pueden llegar a recibir los pacientes sometidos a este estudio se puede elevar a 39 mSv, lo cual justifica la necesidad de optimizarla en dicho procedimiento.

En 2009, el estudio multicéntrico internacional PROTECTION I evaluó la exposición radiológica vinculada a la angiotomografía coronaria en 50 centros de diferentes países. Para la estimación de la dosis, se consideró principalmente la adquisición correspondiente a la angiotomografía coronaria, sin incluir el score de calcio, debido a que esta última representa solo una pequeña fracción de la dosis total asociada al protocolo del estudio. Por ejemplo, los resultados mostraron una mediana de DLP de 885 mGy·cm, con un amplio rango de valores entre 331 y 2146 mGy·cm, lo que evidenció una marcada variabilidad en las dosis administradas entre los centros participantes. A partir de estos hallazgos, se propuso un valor de 70 mGy para el CTDIvol y 1200 mGy·cm para el DLP, esto correspondiente al percentil 75 y como nivel de referencia diagnóstico para la angiotomografía coronaria. La variabilidad observada en PROTECTION I impulsó el desarrollo de estrategias dirigidas a la optimización de la dosis en la angiotomografía coronaria. Entre las principales medidas propuestas se incluyeron el descenso del

kilovoltaje, el empleo de sincronización cardíaca prospectiva, tanto en modalidad secuencial o mediante adquisición helicoidal con un pitch elevado y la implementación de algoritmos de reconstrucción iterativa (13). En 2017, el estudio PROTECTION VI, realizado en 61 centros de 32 países, evidenció una reducción cercana al 78 % en el DLP mediano de la serie de angiotomografía coronaria, alcanzando un valor de 195 mGy·cm, con un rango intercuartílico de 110 a 338 mGy·cm, sin observarse un incremento significativo en la proporción de estudios no diagnósticos. A partir de estos resultados, los autores propusieron un nuevo nivel de referencia diagnóstico de 400 mGy·cm para el DLP en la serie de angiotomografía coronaria (55).

En 2015, Mafalanka y col. (56), propusieron establecer NRD para la angiotomografía coronaria en Francia debido a una gran variabilidad que existía en cuanto a las dosis de radiación administradas al paciente. Lograron recopilar 460 datos relacionados a angiotomografía coronaria provenientes de 8 hospitales franceses en un lapso de 3 meses. La particularidad de este estudio es que pone de manifiesto la brecha de dosis que existe entre las formas de adquisición por sincronización cardíaca y propuso NRD específicos para cada técnica prospectiva y retrospectiva: 26 y 44 mGy para CTDIvol, y 370 y 970 mGy·cm para DLP, respectivamente.

En 2017, Hosseini y col. (57) evaluaron la dosis de los pacientes sometidos a angiotomografía coronaria y propusieron NRD en Irán. Tanto el CTDIvol y el DLP se establecieron en un fantoma corporal de 32 cm. La media para el CTDIvol y el DLP de la angiotomografía coronaria resultó de 50 mGy y 825 mGy·cm, respectivamente. Mientras que el p75 de la distribución expresado como NRD nacional en Irán fue de 66,54 mGy para el CTDIvol y 1073 mGy·cm para el DLP.

En 2022 se llevó a cabo una jornada organizada por la Universidad de Málaga y la Sociedad Española de Protección Radiológica para presentar los resultados finales del proyecto DOPOES II, cuyo objetivo fue establecer valores de referencia diagnósticos en población adulta y pediátrica, además de estimar la dosis efectiva asociada a cada procedimiento y la dosis poblacional en España. Para la angiotomografía coronaria se

analizaron 4037 registros procedentes de 29 hospitales de distintas provincias españolas, a partir de los cuales se obtuvo una media de 640 mGy·cm, una mediana de 511 mGy·cm y un NRD nacional de 920 mGy·cm para el DLP (58).

1.4.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- NIVEL DE REFERENCIA DIAGNÓSTICO TÍPICO: Valor determinado a partir de la mediana de los indicadores de dosis correspondiente a procedimientos radiológicos de diagnóstico o intervencionismo y calculado a partir de la distribución de datos obtenidos en una o varias salas de rayos x dentro de un mismo centro.

- VALOR NRD: Valor nocional establecido por el percentil 75 de las medianas o medianas de la distribución de los datos según sea el alcance a evaluar.

1.4.3 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Dado que el presente estudio corresponde a una investigación de nivel descriptivo, no se formula una hipótesis, ya que este tipo de estudios no busca establecer relaciones causales ni comparar grupos, sino caracterizar el comportamiento de la variable en la población evaluada.

CAPÍTULO II:

MÉTODOS

2.1 DISEÑO METODOLÓGICO

2.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio adoptó una investigación de carácter aplicado, con un enfoque cuantitativo, retrospectivo y de perfil descriptivo.

Para Sarango y col. (59) se considera aplicada aquella investigación que busca aplicar el conocimiento para resolver un problema o situación práctica. En este sentido, el presente estudio se dirigió a una finalidad práctica, debido a que, mediante la implementación de las pautas fijadas en la ICRP 135 y a la problemática del involucramiento de niveles altos de exposición para la serie de angiotomografía coronaria se determinó un nivel de referencia diagnóstico típico para la institución. El valor obtenido constituye un referente que puede contribuir a la evaluación de las dosis administradas y orientar futuros procesos de optimización en su práctica clínica.

El enfoque de índole cuantitativo se caracteriza por la recolección y el análisis de datos numéricos mediante herramientas estadísticas y matemáticas (59). Este enfoque se aplicó para analizar los datos correspondientes a la dosis de radiación y a los parámetros técnicos de adquisición registrados en las series de angiotomografía coronaria.

La investigación retrospectiva se caracteriza porque, según su direccionalidad, analiza hechos o datos que ocurrieron antes del inicio de su recolección (59). Por ello, este estudio se clasifica como retrospectivo, dado que los datos correspondieron al periodo comprendido entre julio y octubre de 2025, previo al momento en que se llevó a cabo su recolección y análisis.

Se considera un estudio de tipo descriptivo porque se limita a observar las variables sin manipularlas (60). Es decir, presentó los datos tal como se manifiestaron en la realidad.

2.1.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño metodológico adoptado prescinde de la manipulación experimental, dado que la información se recopiló sin intervenir de manera deliberada sobre las variables de estudio. En este tipo de estudio, no se crearon muestras de estudio, sino que se las observaron en su contexto natural y tal como se desarrollaron en su propio medio (59,61). Asimismo, al realizar la investigación en un momento temporal, esta se considera transversal ya que describe la situación en un punto específico del tiempo (59).

2.1.3 POBLACIÓN

El universo quedó integrado por estudios de tomografía computarizada cardíaca realizados en la Clínica Internacional. Si bien la institución cuenta con múltiples sedes en Lima (Lima, San Borja, Surco, La Molina, San Isidro) donde se realiza este procedimiento, por razones de disponibilidad de datos, la población accesible se limitó a los estudios realizados en la sede San Borja. En consecuencia, la población analizada correspondió a los estudios de tomografía computarizada cardíaca correspondientes al período comprendido entre julio y octubre de 2025.

2.1.4 MUESTRA Y MUESTREO

Muestra

El marco muestral correspondió a los informes registrados en la plataforma de gestión de dosis DoseWatch versión 3.3.8, disponible en el servicio de Diagnóstico por Imágenes de la Clínica Internacional.

Si bien inicialmente se consideró incluir los informes de los pacientes y equipos de tomografía computarizada de las sedes de Lima, Surco, La Molina y San Isidro de la Clínica Internacional, el tamaño de muestra disponible durante el periodo de estudio en dichas sedes no alcanzó el mínimo recomendado por la Comisión Internacional de

Protección Radiológica para el establecimiento de los niveles de referencia (≥ 30 estudios por equipo). En ese sentido, la única sede que cumplió con este criterio fue la sede San Borja, cuya muestra estuvo conformada por 223 estudios con protocolo de angiotomografía coronaria y con serie para la evaluación de arterias coronarias efectuados mediante un tomógrafo de la marca General Electric modelo Revolution CT de 256 filas de detectores, superando ampliamente el mínimo de estudios estipulado por la ICRP 135.

La selección de la muestra correspondiente a la sede San Borja, donde se concentró la mayor cantidad de estudios de este procedimiento realizado en condiciones rutinarias, permitió establecer un nivel de referencia diagnóstico de alcance típico basado en información obtenida de una sala de radiodiagnóstico perteneciente a una única institución. Esto delimita el alcance del valor obtenido al contexto específico de la institución y en base con los criterios de la ICRP 135.

Muestreo

El estudio empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que los casos no se seleccionaron de forma aleatoria, sino en función de los criterios de inclusión y exclusión establecidos.

2.1.4.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Pacientes mayores de 18 años
- Pacientes sometidos al protocolo de angiotomografía coronaria y atendidos en la sede San Borja de la Clínica Internacional.

2.1.4.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Estudios múltiples que involucren la región evaluada
- Repetición del estudio con dos o más intentos
- Pacientes cuyos datos se encuentren incompletos

2.1.5 VARIABLE

Tabla 1.

Operacionalización de la variable.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD	ESCALA	CATEGORÍA	INSTRUMENTO
NIVEL DE REFERENCIA DIAGNÓSTICO TÍPICO	Valor de dosis orientativo establecido en un único centro que permite identificar dosis de radiación inusuales para un procedimiento en particular (2).	La siguiente variable será medida utilizando la mediana de la distribución de los indicadores de dosis, a partir de fichas de registro elaboradas con base en los informes proporcionados por la plataforma	Indicadores dosimétricos de la serie de angiotomografía coronaria	CTDIvol	mGy	Cuantitativa de razón	Valor mediano del CTDIvol	Ficha de recolección de datos
				DLP	mGy·cm	Cuantitativa de razón	Valor mediano del DLP	

		DoseWatch versión 3.3.8.						
CARACTERÍSTICA DE LOS PACIENTES	Individuo que requiere de atención debido a enfermedades y que busca mejorar su bienestar (62).	La siguiente variable será medida utilizando la plataforma DoseWatch versión 3.3.8.	Sociodemográfica	Edad	Años	Cuantitativa de razón	20-25/26-30/31-35/36-40/41-45/46-50/51-55/56-60/61-65/66-70/71-75/76-80/81-85/86-90/	Ficha de recolección de datos
			Sociodemográfica	Sexo	no aplica	Cualitativa nominal	Masculino/Femenino	
			Antropométrica	Peso	kg	Cuantitativa de razón	Valor numérico	
			Antropométrica	Talla	m	Cuantitativa de razón	Valor numérico	
			Antropométrica	IMC	kg/m²	Cualitativa ordinal	Bajo peso<18,5 (18,5-24,9)Peso normal (25-29,9)Sobrepeso Obesidad≥30	
PARÁMETROS TÉCNICOS	Factores que modifican directamente la dosis de	La siguiente variable será medida utilizando la plataforma	Parámetros de adquisición en la serie de angiotomogra	Tensión del tubo	kV	Cuantitativa de intervalo	Valor numérico	Ficha de recolección de datos
				Carga del	mAs	Cuantitativa de intervalo	Valor numérico	

radiación en tomografía computarizada (33).	DoseWatch versión 3.3.8.	fía coronaria	tubo			
			Pitch	no aplica	Cuantitativa de razón	Valor numérico
			Longitud escaneada	mm	Cuantitativa de intervalo	Valor numérico
			Rotación del tubo	s	Cuantitativa continua	Valor numérico
			Sincronización cardíaca (ECG)	no aplica	Cualitativa nominal	Prospectivo/ Retrospectivo

2.1.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN

Para Pandey y Pandey (citado por Medina y col. (63)) la técnica de investigación se concibe como un proceso estructurado orientado hacia la recopilación y examen riguroso de los datos con el propósito de dar respuesta a una pregunta de investigación. Por ello, la investigación se fundamenta en la técnica de análisis documental de carácter cuantitativo, dado que permite la recopilación y el análisis de datos numéricos ya registrados en los informes, sin intervención directa sobre los pacientes ni los procedimientos evaluados.

Para Sabino (64) "el instrumento de recolección de datos es cualquier recurso del que se vale el investigador para acercarse al fenómeno y extraer de ellos información". En esa línea el instrumento metodológico aplicado consistió en una ficha de recolección de datos (Anexo III), destinada a consignar los elementos indispensables para el cumplimiento de los fines propuestos. Motivo por el cual se registró información correspondiente a las características de los pacientes, parámetros técnicos empleados en la adquisición de la serie de angiotomografía coronaria y los indicadores dosimétricos como el CTDIvol y DLP correspondientes a la misma.

La recopilación de los datos de los pacientes sometidos al protocolo de angiotomografia coronaria se realizó mediante el sistema de gestión de dosis DoseWatch versión 3.3.8, perteneciente al servicio de Diagnóstico por Imágenes de la Clínica Internacional. Este sistema permitió acceder a los informes generados por el tomógrafo General Electric modelo Revolution CT de 256 filas de detectores de la sede San Borja y extraer la información correspondiente a las características de los pacientes, los parámetros técnicos empleados en la adquisición de la serie de angiotomografía coronaria y los indicadores dosimétricos CTDIvol y DLP correspondientes a dicha serie. Se filtraron los estudios conforme a los criterios de inclusión y exclusión establecidos, incorporando los correspondientes al período comprendido entre julio y octubre de 2025.

2.1.7 PROCEDIMIENTOS Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Una vez aprobado el proyecto de tesis por la Escuela Profesional de Tecnología Médica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, se procedió con su ejecución, iniciando así la etapa de recolección de datos.

A continuación, se gestionó la autorización correspondiente ante el director institucional de la Clínica Internacional y al médico jefe del servicio de Diagnóstico por Imágenes, para contar con el permiso y las condiciones necesarias que permitieran desarrollar el estudio.

Obtenida la autorización correspondiente (Anexo IV), se procedió a verificar la validez del instrumento estandarizado de registro de datos empleado, en concordancia con la técnica análisis documental utilizada en el estudio. Para ello, el recurso fue evaluado mediante un juicio de expertos, conformado por Tecnólogos Médicos del área de Radiología (Anexo V), quienes evaluaron de manera individual los ítems que conformaban la matriz de registro de datos, considerando su correspondencia con las variables y objetivos planteados en la investigación. A partir de la evaluación realizada por los expertos, se concluyó que los ítems del instrumento eran pertinentes por lo que se consideró válido para su aplicación en el estudio (Anexo VI).

Luego, mediante la plataforma de gestión de dosis DoseWatch versión 3.3.8 se llevó a cabo la extracción de los datos antropométricos de los pacientes sometidos al protocolo de angiotomografía coronaria. Asimismo, con el propósito de preservar el anonimato y la confidencialidad de los pacientes, se utilizó únicamente el código de identificación generado por el sistema DoseWatch, evitando la incorporación de datos que permitieran su identificación directa.

De ese mismo modo se extrajeron directamente los parámetros técnicos de adquisición correspondiente a la indicación de evaluación de arterias coronarias mediante la serie de angiotomografía coronaria, entre ellos la tensión del tubo (kV), la carga del tubo (mAs), el tiempo de rotación del tubo, la longitud escaneada, sincronización cardíaca (ECG) y el

pitch, así como los valores dosimétricos de CTDIvol y DLP registrados en los informes pertenecientes al tomógrafo General Electric, modelo Revolution CT de 256 filas de detectores. Asimismo, como parte de la revisión de los reportes extraídos de la plataforma DoseWatch versión 3.3.8, se verificó el tamaño del fantoma empleado para la estimación del CTDIvol, constatándose el uso del fantoma de 32 cm de diámetro en la totalidad de los estudios analizados. Finalmente, se verificó el certificado de control de calidad del tomógrafo, emitido en agosto de 2025, con la finalidad de constatar que el equipo se encontraba dentro de los parámetros de funcionamiento establecidos y contribuir a la confiabilidad de los valores dosimétricos registrados durante el período de evaluación (Anexo VII).

Finalmente, para la determinación del nivel de referencia diagnóstico típico se tomaron como referencia las recomendaciones establecidas en la literatura científica y, principalmente, los criterios de la Comisión Internacional de Protección Radiológica publicadas en su publicación 135.

Análisis estadístico de los datos

Tras la recopilación, los datos fueron almacenados en la plataforma de Microsoft Excel (Anexo VIII) y luego exportados al software SPSS versión 29.0 para su procesamiento y análisis.

Al tratarse de un análisis de orientación cuantitativa, bajo diseño metodológico no experimental y de índole descriptivo, no se aplicaron pruebas de hipótesis ni análisis inferencial, dado que el objetivo fue determinar la variable nivel de referencia diagnóstico típico y no establecer relaciones entre variables. Para esta variable, en su dimensión de indicadores dosimétricos de la serie de angiotomografía coronaria (CTDIvol y DLP), se calculó la mediana de la distribución conforme a su definición operacional y con las recomendaciones de la ICRP 135. Este análisis se amplió mediante el promedio aritmético, así como los umbrales mínimo y máximo, de manera conjunta con los coeficientes de asimetría y curtosis, los cuales permitieron caracterizar la distribución de los datos y

sustentar el uso de la mediana ante la presencia de distribuciones no simétricas. Ambos indicadores fueron además estratificados según las categorías del IMC mediante mediana y rango intercuartílico, y comparados con los valores del proyecto EUCLID mediante diferencia absoluta y porcentual. Para la variable característica de los pacientes, el peso y la talla fueron registrados para calcular y categorizar el IMC, mientras que la edad, el sexo y el IMC categorizado fueron descritos mediante frecuencias absolutas y relativas. En lo concerniente a la variable parámetros técnicos, en su dimensión de parámetros de adquisición (tensión del tubo, carga del tubo, pitch, longitud escaneada, rotación del tubo), se calcularon media, desviación estándar, valores mínimo y máximo, y coeficientes de asimetría y curtosis; la sincronización cardíaca (ECG) se describió mediante frecuencia relativa.

2.1.8 CONSIDERACIONES ÉTICAS

La investigación será revisada y aprobada por el comité de ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Anexo IX). De igual forma, se respetaron los principios de la Declaración de Helsinki aplicables a estudios en humanos, prestando especial atención a la protección de datos personales y sensibles vinculados a la salud, según lo dispuesto en la Ley N.º 29733.

- Por lo tanto, los datos obtenidos, fueron codificados y usados únicamente por el investigador, por lo que, solo se emplearon en el desarrollo de esta investigación.
- Conflicto de Interés: No se identificó ningún conflicto de interés entre el investigador y la institución donde se desarrolló el estudio.

CAPÍTULO III:

RESULTADOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el nivel de referencia diagnóstico típico para la serie de angiotomografía coronaria indicada para la evaluación de arterias coronarias en la Clínica Internacional.

Tabla 2.

Nivel de referencia diagnóstico típico para la serie angiotomografía coronaria.

Indicador	N	Mediana	Unidad
CTDIvol	223	41,49	mGy
DLP	223	634,42	mGy·cm

En la Tabla 2 se presentó el nivel de referencia diagnóstico típico correspondiente a la serie de angiotomografía coronaria, considerando los indicadores dosimétricos CTDIvol y DLP. Para una muestra de 223 estudios, se obtuvo una mediana de 41,49 mGy para el CTDIvol y de 634,42 mGy·cm para el DLP. Estos valores representaron la dosis de radiación típica registrada en la muestra estudiada y constituyeron los parámetros de referencia para su posterior comparación con los valores establecidos por el proyecto EUCLID. En este sentido, los resultados permitieron establecer una línea base dosimétrica de los estudios de angiotomografía coronaria evaluados.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a los pacientes según sexo, edad e índice de masa corporal.

Tabla 3.

Característica de los pacientes.

Características	Rango	n	%
Edad	20-25	1	0,4%
	26-30	0	0,0%

	31-35	3	1,3%
	36-40	9	4,0%
	41-45	9	4,0%
	46-50	26	11,7%
	51-55	30	13,5%
	56-60	27	12,1%
	61-65	39	17,5%
	66-70	33	14,8%
	71-75	23	10,3%
	76-80	16	7,2%
	81-85	6	2,7%
	86-90	1	0,4%
Sexo	Masculino	118	52,9%
	Femenino	105	47,1%
IMC	< 18.5 (Bajo peso)	0	0,0%
	18.5-24.9 (Normal)	78	35,0%
	25-29.9 (Sobrepeso)	105	47,1%
	≥30 (Obesidad)	40	17,9%

En la Tabla 3 se caracterizó a los pacientes estudiados según edad, sexo e índice de masa corporal. Respecto a la edad, se observó una mayor concentración de participantes entre los 61 y 65 años, con 39 pacientes (17,5 %), seguida del grupo de 66 a 70 años, con 33 pacientes (14,8 %), y de 51 a 55 años, con 30 pacientes (13,5 %). En cuanto al sexo, predominó ligeramente el masculino, con 118 participantes (52,9 %), frente a 105 mujeres (47,1 %). Respecto al IMC, el sobrepeso fue la categoría más frecuente, con 105 participantes (47,1 %), seguido del peso normal con 78 (35,0 %) y la obesidad con 40 (17,9 %); no se registraron participantes con bajo peso.

- Determinar los parámetros técnicos empleados para la serie de angiotomografía coronaria.

Tabla 4.

Parámetros técnicos empleados para la serie de angiotomografía coronaria.

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Asimetría		Curtosis	
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico	Desv. Error
Tensión del tubo (kV)	100,00	140,00	118,9238	7,51626	-,591	,163	3,912	,324
Carga del tubo (mAs)	418,31	1935,11	741,9380	221,31947	2,048	,163	5,467	,324
Pitch	1,00	1,00	1,0000	,00000	.	.	.	.
Rotación del tubo (s)	,28	,28	,2800	,00000	.	.	.	.
Longitud escaneada (mm)	120,00	194,98	152,4615	11,47019	-,811	,163	,778	,324
					.	.	.	.

Nota: La sincronización cardíaca (ECG) fue retrospectiva en todos los casos.

En la Tabla 4 se analizaron los parámetros técnicos utilizados durante la toma de la serie de angiotomografía coronaria. La tensión del tubo (kV) presentó valores entre 100 y 140 kV, con una media de 118,92 kV y una desviación estándar de 7,52, mientras que la carga del tubo (mAs) osciló entre 418,31 y 1935,11 mAs, con una promedio de 741,94 mAs junto a una desviación estándar de 221,32, evidenciándose una mayor variabilidad en este parámetro. El pitch permaneció constante en 1,00 y el tiempo de rotación del tubo fue de 0,28 s en todos los estudios, al igual que el uso de la sincronización cardíaca (ECG), registrado en el 100 % de los casos. La longitud escaneada presentó valores entre 120,00 y 194,98 mm, con una media de 152,46 mm. Asimismo, la asimetría positiva del mAs (2,048) y su elevada curtosis (5,467) indicaron una distribución concentrada en valores bajos, pero con presencia de estudios con cargas considerablemente mayores.

- Identificar el valor mediano del CTDIvol obtenido en la serie de angiotomografía coronaria.

Tabla 5.

Valor mediano del CTDIvol obtenido en la serie de angiotomografía coronaria.

		CTDIVol_mGy
N	Válido	223
	Perdidos	0
Media		43,8384
Mediana		41,4900
Asimetría		1,317
Error estándar de asimetría		,163
Curtosis		2,881
Error estándar de curtosis		,324
Mínimo		15,28
Máximo		110,07

En la Tabla 5 se presentó el comportamiento del CTDIvol obtenido de los 223 estudios en la serie de angiotomografía coronaria, sin registrarse datos perdidos. El valor medio fue de 43,84 mGy, mientras que la mediana alcanzó 41,49 mGy, por lo que esta última fue considerada como el valor representativo de la dosis típica debido a la distribución no simétrica de los datos. El CTDIvol presentó una cifra mínima de 15,28 mGy y un máximo de 110,07 mGy, evidenciándose una amplitud considerable entre los estudios. Asimismo, se observó una asimetría positiva de 1,317 y una curtosis de 2,881, lo que indicó una distribución sesgada hacia valores superiores y la presencia de observaciones relativamente elevadas. Por tanto, el valor mediano de 41,49 mGy constituyó el nivel dosimétrico típico obtenido para el CTDIvol en la muestra evaluada.

- Identificar el valor mediano del DLP obtenido en la serie de angiotomografía coronaria.

Tabla 6.

Valor mediano del DLP obtenido en la serie de angiotomografía coronaria.

		DLP_mGy_cm
N	Válido	223
	Perdidos	0
Media		672,1057
Mediana		634,4200
Asimetría		1,047
Error estándar de asimetría		,163
Curtosis		1,783
Error estándar de curtosis		,324
Mínimo		183,38
Máximo		1540,96

En la Tabla 6 se mostró el comportamiento del DLP correspondiente a los 223 estudios analizados. Se obtuvo una media de 672,11 mGy·cm y una mediana de 634,42 mGy·cm, siendo esta última el valor representativo del comportamiento típico de la dosis debido a la presencia de asimetría positiva. Los valores registrados oscilaron entre 183,38 y 1540,96 mGy·cm, evidenciando una variabilidad importante entre los procedimientos realizados. La distribución presentó una asimetría de 1,047 y una curtosis de 1,783, lo que indicó una concentración de observaciones en valores inferiores, acompañada de algunos registros elevados. En consecuencia, el valor mediano de 634,42 mGy·cm fue identificado como el nivel típico de DLP obtenido en los estudios evaluados. Adicionalmente, en la Tabla 7 se presentó una caracterización de los indicadores de dosis de resultantes de la serie estudiada según las categorías de IMC, considerando que la ICRP 135 recomienda que los valores de

referencia se establezcan para grupos de pacientes definidos y con características antropométricas relevantes dentro de la práctica institucional.

Tabla 7.

Caracterización de los valores CTDIvol y DLP medianos de la serie de angiotomografía coronaria según categorías de IMC.

Categoría del IMC	n	%	CTDIvol (mGy) mediana	RIC CTDIvol (mGy)	RIC	DLP (mGy·cm) mediana	RIC DLP (mGy·cm)	RIC
Bajo peso (<18,5)	0	0	-	-	-	-	-	-
Normal (18,5-24,9)	78	35	39,929	34,07-46,49	12,42	619,89	513,43-738,09	224,66
Sobrepeso (25-29,9)	105	47,1	41,49	36,24-46,02	9,78	635,00	575,20-717,96	142,76
Obesidad (≥30)	40	17,9	46,46	41,33-55,38	14,08	664,40	613,03-877,33	264,30
TOTAL	**223**	**100**	**41,49**	**36,44-46,95**	**10,51**	**634,62**	**563,22-740,85**	**177.63**

Nota: RIC=Rango intercuartílico. No se registraron pacientes con Bajo peso.

En relación a la tabla 7. La mediana de ambos indicadores dosimétricos aumenta de forma consistente conforme sube la categoría de IMC. En el CTDIvol, la mediana pasa de 39.92 mGy en el grupo con IMC normal a 41.49 mGy en sobrepeso y 46.06 mGy en obesidad. El mismo patrón se repite en el DLP, con medianas de 619.89, 635.00 y 664.40 mGy·cm respectivamente. La categoría de obesidad concentra la mayoría de los casos: es la más numerosa (n = 105), seguida de normal (n = 78) y obesidad (n = 40); no hubo pacientes con bajo peso en la muestra. El RIQ también crece hacia los extremos: el grupo de obesidad presenta la mayor dispersión tanto en CTDIvol (RIQ = 14.08) como en DLP (RIQ = 264.30), mientras que sobrepeso es el grupo más homogéneo en ambos indicadores (RIQ = 9.78 y 142.76). Esto sugiere que, además de recibir en promedio mayor dosis, los pacientes con obesidad muestran más variabilidad entre sí en la dosis administrada.

- Comparar el nivel de referencia diagnóstico típico obtenido, respecto al proyecto EUCLID establecido para la serie de angiotomografía coronaria indicada para la evaluación de arterias coronarias.

Tabla 8.

Nivel de referencia diagnóstico típico obtenido, respecto al proyecto EUCLID establecido para la serie de angiotomografía coronaria.

Indicador dosimétrico	Clínica Internacional (mediana)	EUCLID	Diferencia absoluta	Diferencia porcentual
CTDIvol (mGy)	41,49	25,00	+16,49	+65,96 %
DLP (mGy·cm)	634,42	415,00	+219,42	+52,87 %

Figura 1.

Comparación del CTDIvol (mGy) para la serie de angiotomografía coronaria.

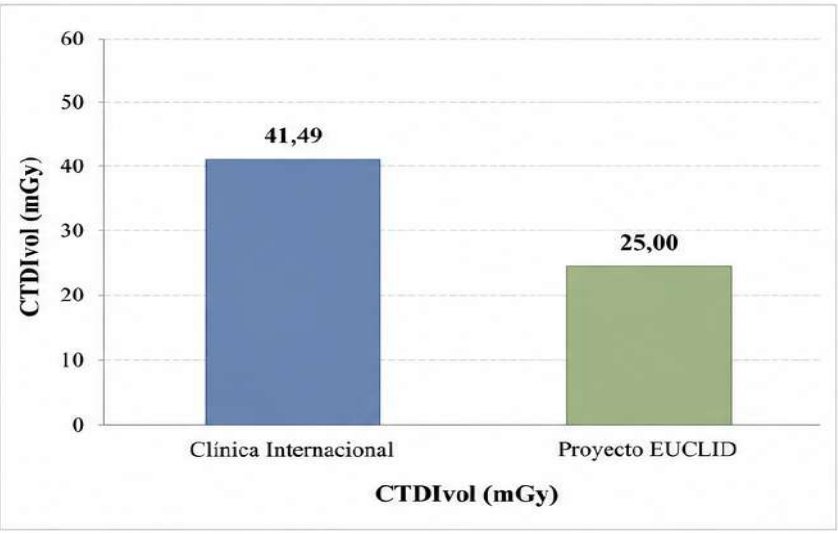


Figura 2.

Comparación del DLP (mGy·cm) para la serie de angiotomografía coronaria.

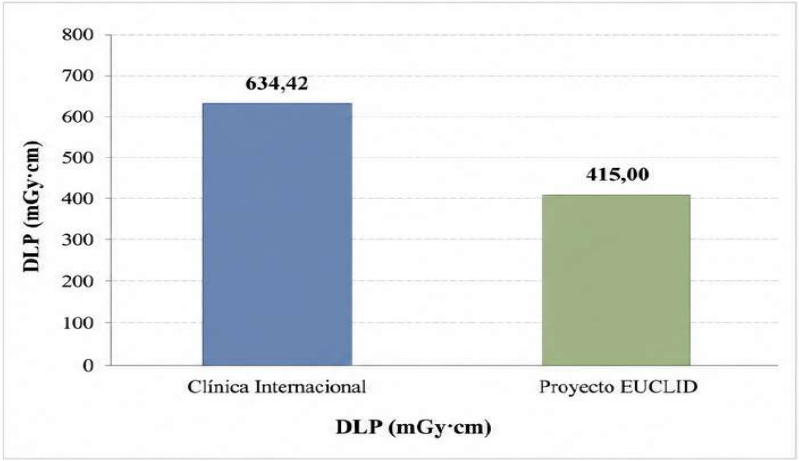
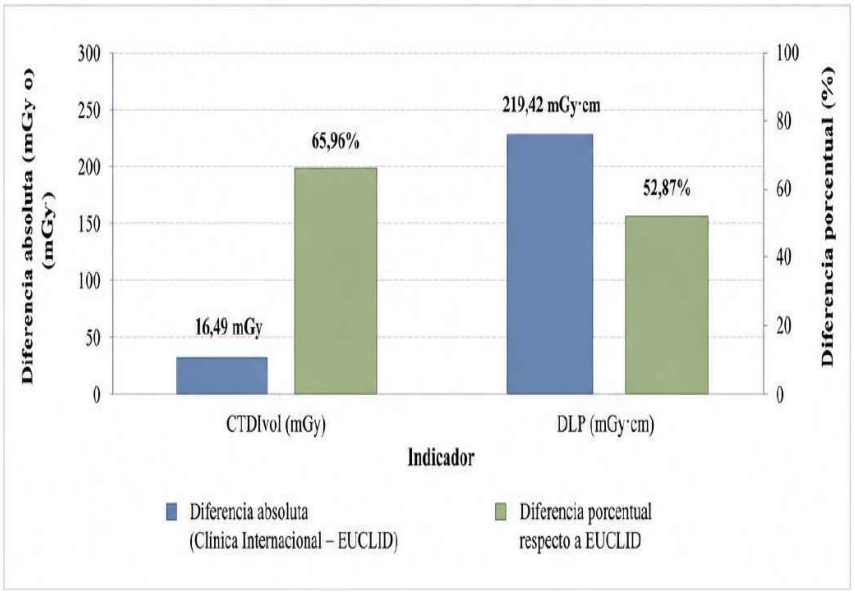


Figura 3.

Diferencia absoluta y porcentual entre la Clínica Internacional y el proyecto EUCLID para la serie de angiotomografía coronaria.



En la Tabla 8 se compararon los indicadores dosimétricos obtenidos en la Clínica Internacional frente a las cifras fijadas mediante la iniciativa EUCLID para la serie de angiotomografía en la evaluación de arterias coronarias. El CTDIvol presentó una mediana de 41,49 mGy, frente a los 25,00 mGy establecidos por EUCLID, lo que representó una diferencia absoluta de 16,49 mGy y un incremento del 65,96 %. Por su parte, el DLP alcanzó una mediana de 634,42 mGy·cm, mientras que el valor de referencia de EUCLID fue de 415,00 mGy·cm, registrándose una diferencia absoluta de 219,42 mGy·cm y un incremento del 52,87 %. En ambos indicadores se observó que los valores obtenidos en la institución fueron superiores a los establecidos por EUCLID, siendo la diferencia relativa mayor para el CTDIvol. Estos resultados evidenciaron que los niveles de dosis registrados superaron los valores de referencia internacionales, lo que sugirió la necesidad de revisar y optimizar los parámetros técnicos y protocolos de adquisición empleados en la serie de angiotomografía coronaria.

CAPÍTULO IV:

DISCUSIÓN

La evaluación del objetivo general determinó que, en la evaluación de las arterias coronarias en la Clínica Internacional, el nivel de referencia diagnóstico para la serie de angiotomografía coronaria fue igual a una mediana de 41,49 mGy para el CTDIvol y 634,42 mGy·cm para el DLP, derivada de un análisis de 223 estudios. Estos resultados permitieron establecer, por primera vez para el centro estudiado, una referencia dosimétrica propia que refleja el comportamiento habitual de las dosis administradas en la práctica clínica de rutina. Por consiguiente, los valores obtenidos constituyen una línea de base para la gestión de la dosis y la mejora continua de la práctica, toda vez que los niveles de referencia representan un recurso esencial para identificar variaciones en las dosis administradas y para avanzar de manera progresiva en materia de protección radiológica. Asimismo, su determinación hizo posible una comparación objetiva con referencias nacionales e internacionales específicas para este protocolo, cuyos resultados se discuten a continuación.

La muestra analizada estuvo conformada por 223 estudios con protocolo de angiotomografía coronaria, realizados en una única sala de radiodiagnóstico de la Clínica Internacional, sede San Borja, equipada con un tomógrafo General Electric modelo Revolution CT de 256 filas de detectores, entre julio y octubre de 2025. De acuerdo con los criterios establecidos por la ICRP 135, el valor obtenido corresponde a un NRD de alcance típico, al haberse determinado a partir de los datos de una sala de radiodiagnóstico perteneciente a una misma institución (2). En contraste, el proyecto EUCLID (12) analizó 3420 conjuntos de datos de pacientes sometidos a tomografía computarizada durante un período de 33 meses en diversos hospitales europeos, por lo que sus valores se enmarcan en un NRD de alcance regional o multinacional (2). Sin embargo, esta muestra fue distribuida entre diferentes indicaciones clínicas y regiones anatómicas, de modo que el número de estudios destinados específicamente a la evaluación de las arterias coronarias representó solo una fracción del total analizado.

En relación con los antecedentes de alcance institucional, Cabrera y col. (16) incluyeron 119 estudios recopilados entre enero y diciembre de 2022, mientras que la presente

investigación reunió un número mayor de estudios en un período de recolección considerablemente más breve, lo que sugiere un elevado volumen de exploraciones en el centro evaluado. Dado que ambos estudios se realizaron en una única sala e institución, sus resultados resultan comparables en el contexto de los NRD típicos. De forma análoga, Bona y col. (17) analizaron 40 estudios, distribuidos en dos grupos de 20, correspondientes a dos salas de radiodiagnóstico de un mismo hospital equipadas con tomógrafos distintos, durante 2022 y 2023; si bien sus resultados también se inscriben en el ámbito típico, su muestra fue considerablemente menor y su período de análisis, más prolongado. Del mismo modo, Garba y col. (18) evaluaron 58 estudios en un mismo centro, lo que igualmente conduce al establecimiento de valores típicos.

A diferencia de los antecedentes anteriores, Alhailiy y col. (19) establecieron un NRD nacional en Australia, correspondiente al percentil 75 de 388 evaluaciones procedentes de nueve centros de tomografía. En la misma línea, Alhailiy y col. (20) determinaron un NRD nacional en Arabia Saudita a partir de 197 estudios realizados en doce hospitales. Estos trabajos se diferencian de la presente investigación por integrar datos de múltiples centros, lo que les confiere una mayor representatividad nacional; por consiguiente, la comparación de un NRD típico con estos valores debe interpretarse como un ejercicio de posicionamiento de la práctica local frente a una referencia más amplia, y no como una comparación entre magnitudes de igual alcance.

Respecto al primer objetivo específico, orientado a describir a los pacientes sometidos al procedimiento según edad, sexo e índice de masa corporal (IMC), se evidenció un predominio de pacientes mayores de 60 años. Los grupos etarios más representados fueron los de 61 a 65 años (17,5 %), 66 a 70 años (14,8 %) y 51 a 55 años (13,5 %). Este hallazgo podría relacionarse con el incremento del riesgo cardiovascular asociado al envejecimiento, proceso que se acompaña de cambios fisiológicos y metabólicos que favorecen la aparición o progresión de factores de riesgo como la hipertensión arterial, la diabetes mellitus, el sobrepeso y la dislipidemia, entre otros; en consecuencia, aumenta la

probabilidad de desarrollar enfermedad cardiovascular y de requerir la evaluación de las arterias coronarias mediante angiotomografía (64).

En cuanto al sexo, se observó un ligero predominio de hombres (52,9 %) frente a mujeres (47,1 %), lo cual discrepa de lo reportado por Cabrera y col. (16) en la Clínica Alemana de Vitacura, donde las mujeres constituyeron el grupo predominante (52,9 %). En relación con el IMC, el 47,1 % de los pacientes presentó sobrepeso, el 35,0 % peso normal y el 17,9 % obesidad. Estos resultados difieren de los antecedentes: el proyecto EUCLID (12) consideró pacientes de tamaño corporal promedio, con un IMC entre 18,5 y 25 kg/m², y Cabrera y col. (16) incluyeron únicamente pacientes con IMC entre 18,5 y 24,9 kg/m², es decir, dentro del rango de peso normal. Por su parte, Alhailiy y col. (19) reportaron un IMC promedio de 28 ± 5 kg/m² para la determinación del NRD nacional australiano, valor que corresponde al rango de sobrepeso, aunque la amplitud de su desviación estándar revela la presencia de pacientes con características antropométricas heterogéneas. Finalmente, Alhailiy y col. (20) no incluyeron la talla como variable, por lo que no fue posible determinar el IMC de su población en Arabia Saudita, de la cual solo se reportó un peso promedio de 77 kg.

Estas diferencias revisten relevancia metodológica, puesto que advierten sobre el riesgo de comparar NRD entre instituciones sin considerar el perfil de los pacientes que les dieron origen. En efecto, una dosis aparentemente elevada frente a un NRD internacional podría explicarse, al menos en parte, por una población de mayor tamaño corporal y no necesariamente por un protocolo menos optimizado. Por ello, las comparaciones que se desarrollan en los apartados siguientes con los resultados de Cabrera, EUCLID y Alhailiy deben interpretarse teniendo en cuenta que ninguna de dichas poblaciones presentó un perfil de IMC equivalente al de la muestra evaluada en la Clínica Internacional.

Los resultados del segundo objetivo específico permitieron identificar los parámetros técnicos empleados en la obtención de la serie de angiotomografía coronaria. En términos generales, los valores reflejaron un protocolo de adquisición estandarizado, con parámetros constantes en la mayoría de los indicadores evaluados. La tensión media del tubo fue de

118,92 kV (100–140 kV), mientras que la carga media del tubo fue de 741,94 mAs (418–1935 mAs). Este último parámetro presentó la mayor variabilidad, con una desviación estándar de 221,31 mAs y un coeficiente de asimetría positivo de 2,048, lo que indica una concentración de observaciones hacia los valores inferiores y una cola extendida hacia valores elevados.

Estos hallazgos convergen con los de Cabrera y col. (16), quienes también identificaron al mAs como el parámetro de mayor dispersión, aunque con una media inferior, de 481,29 mAs (228–1705 mAs). No obstante, la tensión media del tubo reportada por dichos autores fue de 98,97 kV (80–100 kV), inferior a la registrada en el presente estudio (118,92 kV). Por otro lado, Bona y col. (17) evaluaron dos equipos: un Philips CT de 64 filas de detectores, con tensiones de 120 a 140 kV y una carga media de 813 mAs con valores individuales muy elevados, y un General Electric Revolution CT de 256 filas de detectores, con tensiones de 100 a 120 kV y una carga media de 155 mAs. En comparación, la tensión media obtenida en la Clínica Internacional se ubica dentro del rango reportado para ambos equipos, mientras que la carga media del tubo (741,94 mAs) resultó superior a la del equipo General Electric Revolution CT, pero inferior a la del equipo Philips. Esta posición intermedia resulta particularmente relevante, dado que la Clínica Internacional opera con el mismo modelo de tomógrafo (General Electric modelo Revolution CT) y, aun así, empleó una carga del tubo casi cinco veces mayor que la reportada por Bona y col. Por consiguiente, el mAs utilizado no parece depender únicamente del modelo de equipo, sino también de decisiones propias del protocolo institucional.

En lo que respecta a la longitud escaneada, se obtuvo una media de 152,46 mm (120–194,98 mm). El proyecto EUCLID (12) registró una media de 170 mm; Cabrera y col. (16), de 149,90 mm; Bona y col. (17), de 182 y 160 mm para los equipos Philips y General Electric, respectivamente; y Alhailiy y col. (20), a partir de diferentes equipos y centros, de 160 mm. En consecuencia, la longitud escaneada de la Clínica Internacional se encuentra dentro del rango descrito en la literatura: es inferior a las reportadas por

EUCLID, Bona y col. y Alhailiy y col., y ligeramente superior a la de Cabrera y col. Estas diferencias podrían atribuirse a los protocolos de cada institución, en particular al rango anatómico definido para cubrir la región de interés, que puede variar según el criterio de cada centro.

Respecto a los demás parámetros técnicos, el pitch se mantuvo constante en 1,00 y el tiempo de rotación del tubo en 0,28 s en la totalidad de los estudios, lo que confirma la estandarización del protocolo de adquisición para esta serie. Estos resultados guardan relación con lo descrito por Bona y col. (17), quienes observaron valores constantes, aunque diferenciados según el equipo: en el Philips CT, un pitch de 0,18 y un tiempo de rotación de 1,7 s; y en el General Electric Revolution CT, un pitch de 1,00 y un tiempo de rotación de 0,28 s. La coincidencia exacta con este último equipo sugiere que estos parámetros responden a las prestaciones técnicas del modelo de tomógrafo, más que a una configuración particular de cada institución; en contraste, la carga del tubo, como se señaló, sí mostró diferencias marcadas entre centros con el mismo equipo.

En cuanto a la sincronización cardíaca (ECG), el presente estudio evidenció que el 100 % de los procedimientos se realizaron mediante sincronización retrospectiva. Según Cabrera y col. (16), esta modalidad suele emplearse ante frecuencias cardíacas elevadas o irregularidades del ritmo, condiciones que exigen una adquisición continua de datos durante todo el ciclo cardíaco; sin embargo, dichas condiciones clínicas no fueron registradas en la presente investigación, por lo que no es posible determinar si explican el uso exclusivo de esta modalidad en la Clínica Internacional. De manera complementaria, Bitar y col. (45) señala que los protocolos de sincronización prospectiva pueden reservarse para casos puntuales, como mujeres jóvenes en edad fértil; no obstante, al no disponerse de información sobre este perfil en la muestra, tampoco es posible contrastar dicho criterio con el hallazgo obtenido. En consecuencia, el uso exclusivo de la sincronización retrospectiva se configura como un rasgo distintivo del protocolo institucional, cuya influencia sobre la dosis se discute más adelante.

El tercer objetivo específico estuvo orientado a determinar el valor mediano del CTDIvol de la serie de angiotomografía coronaria. Conforme a las recomendaciones de la ICRP 135, se obtuvo una mediana de 41,49 mGy a partir de los 223 estudios analizados. La elección de la mediana, en lugar de la media, resulta pertinente debido a la distribución asimétrica de los datos, cuyos valores oscilaron entre 15,28 y 110,07 mGy; ante un rango tan amplio, la mediana ofrece una representación más robusta, al ser menos sensible a los valores extremos. Esta variabilidad podría relacionarse con las diferencias en la carga del tubo empleada en las adquisiciones, dado que el mAs guarda una relación directamente proporcional con el CTDIvol (32). Esta interpretación resulta coherente con lo descrito en el segundo objetivo, en el que el mAs fue precisamente el parámetro de mayor dispersión.

Si bien el CTDIvol es uno de los indicadores dosimétricos recomendados por la ICRP 135 para la determinación de los NRD, conviene precisar su alcance. El CTDIvol estima la magnitud de la radiación emitida por el tomógrafo para un protocolo determinado y constituye, en ese sentido, un indicador de salida del equipo. Por esta razón, no equivale a la dosis absorbida por cada paciente, ya que su cálculo se basa en fantomas de dimensiones fijas que no reflejan el tamaño ni las características antropométricas individuales (33). En las series analizadas, la estimación se realizó con un fantoma de 32 cm de diámetro en la totalidad de los estudios, pese a que la muestra incluyó pacientes con peso normal, sobrepeso y obesidad. En consecuencia, un CTDIvol más alto refleja una mayor salida de radiación del equipo bajo ese protocolo y serie en particular, pero no necesariamente una mayor dosis absorbida por cada paciente, aspecto que debe considerarse al comparar este indicador entre pacientes y entre reportes de la literatura.

Respecto al cuarto objetivo específico, dirigido a precisar el valor mediano del DLP correspondiente a la serie de angiotomografía coronaria. De acuerdo con las recomendaciones de la ICRP 135, se obtuvo una mediana de 634,42 mGy·cm a partir de los 223 estudios analizados. Este valor mediano representa la exposición a la radiación para la exploración, teniendo en cuenta que el DLP combina la intensidad de la radiación en un volumen determinado y la extensión de la anatomía. Los valores registrados

oscilaron entre 183,38 mGy·cm y 1540.96 mGy·cm, lo que sugiere heterogeneidad en los factores técnicos de adquisición, así como en las características anatómicas de los pacientes evaluados. Asimismo, la distribución no fue simétrica y presentó valores elevados que desplazaron la media hasta 672,11 mGy·cm, por encima de la mediana; en consecuencia, esta última resultó la medida más representativa de la distribución de las dosis.

La estratificación por categoría de IMC mostró un aumento progresivo de la mediana de ambos indicadores: para el CTDIvol, 39,93 mGy en peso normal, 41,49 mGy en sobrepeso y 46,46 mGy en obesidad; y para el DLP, 619,89; 635,00 y 664,40 mGy·cm, respectivamente. Este comportamiento es coherente con la expectativa de que los pacientes de mayor tamaño corporal requieran una mayor salida de radiación para mantener la calidad de imagen; sin embargo, el incremento observado entre las categorías extremas 6,53 mGy (16 %) para el CTDIvol y 44,51 mGy·cm (7 %) para el DLP fue moderado en comparación con las diferencias encontradas frente a otras instituciones.

Aunque ninguno de los antecedentes revisados estratificó la dosis por IMC, sí reportaron el perfil corporal de sus poblaciones, lo que permite una comparación más precisa que la basada únicamente en el valor global. Así, Cabrera y col. (16), cuya muestra se limitó a pacientes con IMC entre 18,5 y 24,9 kg/m², obtuvieron un CTDIvol de 21,7 mGy y un DLP de 303,4 mGy·cm, valores muy inferiores incluso a los de la categoría de peso normal de la Clínica Internacional (39,93 mGy y 619,89 mGy·cm), pese a tratarse de un perfil de IMC comparable. De igual modo, el proyecto EUCLID (12), con una población de referencia de IMC entre 18,5 y 25 kg/m², estableció valores menores (25 mGy y 415 mGy·cm). Por su parte, Alhailiy y col. (19), con un IMC promedio de 28 ± 5 kg/m², más próximo a la categoría de sobrepeso del presente estudio, obtuvieron un NRD nacional aún más bajo (22 mGy y 268 mGy·cm).

Si la diferencia entre instituciones obedeciera principalmente al tamaño corporal de los pacientes, cabría esperar que poblaciones con IMC similar o mayor registraran dosis parecidas o superiores a las del presente estudio, lo cual no ocurrió en ninguno de los

casos. En consecuencia, estos hallazgos sugieren que el protocolo de adquisición explica una proporción más importante de la diferencia que el perfil antropométrico de los pacientes. Esta inferencia debe matizarse, puesto que al menos el NRD australiano de Alhailiy y col. (19) correspondió a una sincronización prospectiva, de modo que la menor dosis de ese comparador podría reflejar simultáneamente diferencias de protocolo y de modalidad de sincronización.

Los resultados del quinto objetivo específico permitieron comparar el NRD obtenido con los valores del proyecto EUCLID. El CTDIvol de la Clínica Internacional (41,49 mGy) superó en 16,49 mGy al propuesto por EUCLID (25,00 mGy), lo que equivale a un incremento relativo de 65,96 %. Como se expuso en el apartado anterior, esta diferencia no parece explicarse por el perfil antropométrico, dado que poblaciones con IMC similar o mayor registraron valores de CTDIvol más bajos. En cambio, un factor que podría contribuir es la modalidad de sincronización cardíaca: la totalidad de las exploraciones se efectuó con sincronización retrospectiva, que implica una adquisición continua durante todo el ciclo cardíaco y puede asociarse a una mayor exposición en comparación con los protocolos prospectivos (45). Del mismo modo, la elevada carga del tubo registrada en el centro podría intervenir en esta diferencia. No obstante, ninguno de estos factores fue analizado directamente como variable asociada al CTDIvol en la presente investigación, por lo que su influencia debe considerarse una hipótesis y no una relación causal demostrada.

En cuanto al DLP, la mediana obtenida (634,42 mGy·cm) superó al nivel de referencia de EUCLID (415,00 mGy·cm) en 219,42 mGy·cm, lo que representa un incremento relativo de 52,87 %. Este resultado se produjo pese a que la longitud escaneada media del estudio (152,46 mm, equivalente a 15,25 cm) fue menor que la de EUCLID (17 cm). Dado que el DLP resulta del producto del CTDIvol por la longitud escaneada, el CTDIvol más elevado de la Clínica Internacional (41,49 mGy frente a 25,00 mGy) compensó la menor longitud y explica que el DLP final haya sido superior al de referencia. En consecuencia, la diferencia en el DLP se origina fundamentalmente en la intensidad de la exposición y no en la

extensión del volumen explorado, lo que orienta las eventuales acciones de optimización hacia los parámetros que determinan el CTDIvol.

En el ámbito de los NRD de alcance típico, establecidos a partir de datos de una o varias salas de radiodiagnóstico en una misma institución, el CTDIvol de 41,49 mGy y el DLP de 634,42 mGy·cm obtenidos con un equipo General Electric modelo Revolution CT de 256 filas de detectores resultaron inferiores únicamente a los reportados por Bona y col. (17) en un centro de Italia con un equipo Philips CT (62 mGy y 1140 mGy·cm) (ver Anexo X). Asimismo, fueron inferiores a varios NRD nacionales: en Arabia Saudita, Alhailiy y col. (20) reportaron para la sincronización retrospectiva un CTDIvol de 62 mGy y un DLP de 1057 mGy·cm; en Irán, Hosseini y col. (56) obtuvieron 66,54 mGy y 1073 mGy·cm; y en Francia, Mafalanka (55) reportó 44 mGy y 970 mGy·cm, también con sincronización retrospectiva. Por su parte, el proyecto DOPOES II (57), desarrollado en España, reportó únicamente un DLP de 920 mGy·cm. A escala multinacional, los valores del presente estudio fueron igualmente inferiores a los de la iniciativa PROTECTION I (13), que estableció 70 mGy y 1200 mGy·cm. Cabe destacar que, entre los antecedentes con dosis superiores, la sincronización retrospectiva, coincidente con la empleada en la Clínica Internacional, fue una característica confirmada al menos en Arabia Saudita y Francia; por consiguiente, cuando la comparación se realiza bajo la misma modalidad de sincronización, la práctica del centro se ubica en una posición favorable.

En contraste, los valores obtenidos fueron superiores a los de otros antecedentes (ver Anexo XI). Entre los estudios de alcance institucional, Cabrera y col. (16) registraron un CTDIvol de 21,7 mGy y un DLP de 303,4 mGy·cm; Bona y col. (17), con un equipo General Electric Revolution CT, 12,8 mGy y 204 mGy·cm; y Garba y col. (18), 11,1 mGy y 190,8 mGy·cm. En el ámbito nacional y explícitamente bajo sincronización prospectiva, Alhailiy y col. (19) reportaron para Australia 22 mGy y 268 mGy·cm, mientras que en Arabia Saudita (20), para la misma modalidad, los valores fueron de 29 mGy y 393 mGy·cm; de manera similar, Mafalanka (55) reportó en Francia, para la serie prospectiva, 26 mGy y 370 mGy·cm. Finalmente, en el ámbito multinacional, el DLP del presente

estudio superó el NRD de 400 mGy·cm propuesto por la iniciativa PROTECTION VI (54), establecido tras la aplicación de estrategias de optimización.

La magnitud de esta diferencia varía según el tipo de comparador. Frente a los NRD nacionales de Australia, Arabia Saudita y Francia, la brecha también coincide con el uso de la sincronización cardíaca, pero de manera prospectiva. En ella, se reduce la dosis al limitar la adquisición de datos a determinadas fases del ciclo cardíaco, a diferencia de la sincronización retrospectiva empleada en la totalidad de las exploraciones de este estudio; esa comparación, por tanto, no se da en igualdad de condiciones. Un ejemplo de ello es lo que se desarrolló en la iniciativa PROTECTION VI (55) cuyo menor NRD se apoyó en estrategias específicas de optimización; tales como, reducción de la tensión del tubo, adquisición prospectiva secuencial o helicoidal con pitch elevado y algoritmos de reconstrucción iterativa. Particularmente ilustrativa resulta la comparación con Bona y col. (17), quienes, con el mismo modelo de tomógrafo que la Clínica Internacional, obtuvieron valores sustancialmente menores (12,8 mGy y 204 mGy·cm); este contraste refuerza que el equipo disponible ofrece capacidad técnica para operar con dosis inferiores y que el margen de mejora reside, principalmente, en la configuración del protocolo.

Limitaciones

El presente estudio reconoce como primera limitación su carácter retrospectivo, ya que el análisis dependió de la información disponible en la plataforma DoseWatch versión 3.3.8, lo que impidió considerar factores de la práctica radiológica no registrados en el sistema, como la frecuencia y el ritmo cardíaco de los pacientes. Por este motivo, tampoco se evaluaron parámetros de calidad diagnóstica de la imagen, aspecto relevante para la optimización, puesto que la reducción de la dosis debe realizarse sin comprometer la calidad necesaria para responder a la indicación clínica. En segundo lugar, aunque el CTDIvol y el DLP se estratificaron de forma descriptiva según la categoría de IMC, no se aplicó una prueba estadística inferencial que permitiera confirmar si las diferencias observadas entre categorías eran estadísticamente significativas. En tercer lugar, factores como el modelo de tomógrafo, la carga del tubo y la modalidad de sincronización cardíaca

fueron descritos, pero no se analizó su asociación con los indicadores dosimétricos; en consecuencia, las explicaciones planteadas en torno a estos factores deben interpretarse como hipótesis y no como relaciones causales comprobadas. Por último, se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, mediante el cual se conformó una muestra de 223 estudios que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión. Al no efectuarse una selección aleatoria ni incluirse la totalidad de la población elegible, existe la posibilidad de sesgo de selección, por lo que la representatividad de la muestra y la generalización de los resultados deben interpretarse con cautela. Asimismo, por tratarse de un NRD de alcance típico obtenido en una sola sala y con un único equipo, sus valores no son extrapolables a otras instituciones ni constituyen un NRD nacional.

Implicaciones

A pesar de estas limitaciones, los hallazgos poseen implicaciones relevantes para la práctica clínica y la protección radiológica. En primer lugar, el NRD típico determinado proporciona a la Clínica Internacional una línea de base objetiva frente a la cual monitorizar la evolución de sus dosis y evaluar el impacto de futuras modificaciones del protocolo. En segundo lugar, la comparación con la literatura posiciona favorablemente al centro frente a los referentes que emplean sincronización retrospectiva, pero evidencia un margen de optimización frente a EUCLID, PROTECTION VI y los NRD obtenidos con sincronización prospectiva. En este sentido, las estrategias descritas en la literatura, la evaluación de la sincronización prospectiva en pacientes con condiciones clínicas adecuadas, la revisión de la tensión y la carga del tubo, y el uso de reconstrucción iterativa, constituyen líneas de acción susceptibles de evaluarse en el centro, siempre que se garantice la calidad diagnóstica de la imagen. Finalmente, los resultados sientan las bases para investigaciones futuras de carácter analítico que examinen la asociación entre los parámetros técnicos, la modalidad de sincronización, el perfil antropométrico y la dosis, así como para estudios multicéntricos que contribuyan al establecimiento de NRD nacionales para la angiotomografía coronaria en el Perú.

CAPÍTULO V:

CONCLUSIONES

El objetivo general fue determinar el nivel de referencia diagnóstico típico para la serie de angiotomografía coronaria indicada para la evaluación de arterias coronarias en la Clínica Internacional. A partir de 223 estudios realizados entre julio y octubre de 2025 en un único tomógrafo de la sede San Borja, se obtuvo una mediana de 41,49 mGy para el CTDIvol y de 634,42 mGy·cm para el DLP. Estos valores constituyen el primer nivel de referencia diagnóstico típico establecido para este procedimiento en la institución y sirven como línea base para monitorear sus dosis. Por su alcance (una sala y un equipo), no son extrapolables a otras instituciones.

El primer objetivo específico buscó describir a los pacientes según sexo, edad e índice de masa corporal. Predominaron el sexo masculino (52,9 %), el grupo etario de 61 a 65 años (17,5 %) y la categoría de sobrepeso (47,1 %), seguida de peso normal (35,0 %) y obesidad (17,9 %); esta tendencia podría relacionarse con el mayor riesgo cardiovascular asociado al envejecimiento. En cuanto al IMC, predominó el sobrepeso (47,1 %), seguido del peso normal (35,0 %) y la obesidad (17,9 %), sin pacientes con bajo peso. Ninguna de las poblaciones de los antecedentes comparados tuvo un perfil de IMC equivalente, por lo que los valores de dosis deben contrastarse considerando esa diferencia.

Los parámetros técnicos empleados para la serie de angiotomografía coronaria evidenciaron una tensión del tubo media de 118,92 kV (100 kV -140 kV), carga del tubo media de 741,94 mAs (418 mAs - 1935 mAs) y longitud escaneada media de 152,46 mm (120 mm - 194,98 mm); en cambio el pitch, rotación del tubo y técnica de sincronización cardíaca permanecieron constantes. El mAs fue el parámetro más variable y, con el mismo modelo de tomógrafo, resultó casi cinco veces mayor que el reportado por Bona y col. (155 mAs), lo que sugiere que depende más del protocolo institucional que del equipo.

El tercer objetivo específico buscó identificar el valor mediano del CTDIvol obtenido en la serie de angiotomografía coronaria. Se determinó una mediana de 41,49 mGy a partir de 223 estudios, adoptada como valor representativo debido a la distribución asimétrica de los

datos. La mediana aumentó con la categoría de IMC (39,93; 41,49 y 46,46 mGy en peso normal, sobrepeso y obesidad), aunque de forma moderada frente a las diferencias con otras instituciones. Poblaciones de IMC similar o mayor registraron valores menores, lo que sugiere un mayor peso del protocolo de adquisición que del perfil antropométrico, aunque parte de esos comparadores empleó sincronización cardíaca prospectiva. El CTDIvol es un indicador de salida del equipo y no equivale a la dosis absorbida por el paciente.

El cuarto objetivo específico buscó identificar el valor mediano del DLP obtenido en la serie de angiotomografía coronaria. Se determinó una mediana de 634,42 mGy·cm a partir de 223 estudios, valor adoptado como representativo debido a la distribución asimétrica de los datos. Además, la mediana aumentó con la categoría de IMC (619,89; 635,00 y 664,40 mGy·cm en peso normal, sobrepeso y obesidad), aunque también de forma moderada frente a diferencias con otras instituciones. Dado que el DLP resulta de multiplicar el CTDIvol por la longitud escaneada, el mayor CTDIvol obtenido en este estudio (41,49 mGy) explica en gran medida su valor elevado, incluso considerando que la longitud escaneada media (152,46 mm) fue menor que la reportada por antecedentes como el proyecto EUCLID (170 mm). Por ello, la optimización debería orientarse a los parámetros que determinan el CTDIvol.

El quinto objetivo específico buscó comparar el nivel de referencia diagnóstico obtenido con los valores del proyecto EUCLID. El CTDIvol (41,49 mGy) y el DLP (634,42 mGy·cm) de la Clínica Internacional superaron a los de EUCLID (CTDI vol y DLP de 25 mGy y 415,00 mGy·cm, respectivamente) en 65,96 % y 52,87 %, respectivamente. Al ampliar la comparación, los valores institucionales se mantuvieron por encima de la mayoría de los antecedentes sin diferencia de técnica que lo explicara (Cabrera y col, Bona para el equipo GE y Garba), lo que apunta a un margen real de optimización del protocolo. En cambio, fueron inferiores a estudios con la misma sincronización retrospectiva (Alhailiy en Arabia Saudita y Mafalanka) y superiores a los realizados con sincronización

prospectiva, lo que confirma que esta modalidad, como parte del protocolo de adquisición, es un factor relevante para interpretar las diferencias.

CAPÍTULO VI:

RECOMENDACIONES

- Se recomienda establecer un plan de evaluación periódica y actualización del nivel de referencia diagnóstico para la evaluación de arterias coronarias mediante los estudios de angiotomografía coronaria realizados en la Clínica Internacional. Este proceso permitirá realizar un seguimiento sistemático de los valores dosimétricos obtenidos, identificar posibles variaciones en los niveles de dosis y evaluar el imperativo de aplicar estrategias de optimización con la finalidad de mantener las dosis de radiación tan bajas como sea razonablemente posible. Además, cualquier reducción de dosis futura tendrá que acompañarse de una evaluación de calidad diagnóstica en la imagen.
- A los profesionales en radiología que consideren tomar como referencia el nivel de referencia diagnóstico obtenido en este estudio (41,49 mGy para el CTDIvol y 634,42 mGy·cm para el DLP), se recomienda verificar previamente la comparabilidad de sus propios protocolos de adquisición, equipamiento y perfil de pacientes con los de la clínica evaluada, dado que estos valores corresponden a un contexto institucional específico y no fueron obtenidos mediante un diseño multicéntrico.

- A futuros investigadores, se recomienda replicar este estudio en otras instituciones o de forma multicéntrica, con el propósito de constatar si los hallazgos recabados son consistentes en distintos contextos y así fortalecer la evidencia disponible para establecer niveles de referencia diagnósticos a nivel nacional. Asimismo, se recomienda que estas investigaciones amplíen su alcance a las distintas indicaciones clínicas de los procedimientos de tomografía computarizada que recomienda el proyecto EUCLID.
- Se recomienda que futuras investigaciones aborden la aplicación de los niveles de referencia diagnósticos en áreas aún poco estudiadas, como la radiología intervencionista y la medicina nuclear, dado que estas modalidades también emplean radiación ionizante y actualmente carecen de valores de referencia establecidos a nivel local.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. García M C, Ortega T D. Avances tecnológicos: La radiología que viene. Rev Médica Chile. junio de 2002;130(6):699-703. doi:10.4067/S0034-98872002000600015

2. Vaño E, Miller D, Martin Cj, Rehani M, Kang K, Rosenstein M, et al. ICRP Publication 135. The International Commission on Radiological Protection [Internet]. 2017 [citado 6 de agosto de 2025];46(No. 1 2017). Disponible en: https://www.icrp.org/publication.asp?id=icrp%20publication%20135

3. Vassileva J, Rehani M. Diagnostic Reference Levels. Am J Roentgenol. enero de 2015;204(1):W1-3. doi:10.2214/AJR.14.12794

4. Mora-Barboza LD, Núñez-Sánchez M, Sánchez-Delgado D, Rojas-Campos JI. Diagnostic reference levels implementation for tomography studies according to ICRP 135. 2023;(72).

5. IAEA. Información sobre los niveles de referencia para diagnóstico (NRD) [Text] [Internet]. IAEA; 2022 [citado 6 de agosto de 2025]. Disponible en: https://www.iaea.org/es/recursos/proteccion-radiologica-de-los-pacientes/profesionales-de-la-salud/radiodiagnostico/niveles-de-referencia-para-diagnostico/generalidades

6. Bastarrika G. Tomografía computarizada y práctica clínica. An Sist Sanit Navar. agosto de 2007;30(2):171-6.

7. Serra H. A, Ramírez M. C, Véliz H. J, Salas O. MI, Pérez A. J, Vera M. F, et al. Valores típicos de dosis para tomografía computada de cerebro en pacientes adultos. Rev Chil Radiol. marzo de 2020;26(1):25-31. doi:10.4067/S0717-93082020000100025

8. Smith-Bindman R, Chu PW, Azman Firdaus H, Stewart C, Malekhedayat M, Alber S, et al. Projected Lifetime Cancer Risks From Current Computed Tomography Imaging. JAMA Intern Med. 1 de junio de 2025;185(6):710. doi:10.1001/jamainternmed.2025.0505

9. López A, Coiro DS, Gonzáles D, Garrido J, Torres L, Kodlulovich S. Niveles de Referencia para Diagnóstico según PUBMED: ¿es suficiente la información disponible? [Internet]. Vol. 9. 2023;9. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/376414040_Niveles_de_Referencia_para_Diagnostico_segun_PUBMED_es_suficiente_la_informacion_disponible

10. Damilakis J, Frija G, Brkljacic B, Vano E, Loose R, Paulo G, et al. How to establish and use local diagnostic reference levels: an ESR EuroSafe Imaging expert statement. Insights Imaging. 6 de febrero de 2023;14:27. doi:10.1186/s13244-023-01369-x PubMed PMID: 36746832; PubMed Central PMCID: PMC9902573.

11. Paulo G, Damilakis J, Tsapaki V, Schegerer AA, Repussard J, Jaschke W, et al. Diagnostic Reference Levels based on clinical indications in computed tomography: a literature review. Insights Imaging. 17 de agosto de 2020;11(1):96. doi:10.1186/s13244-020-00899-y

12. Damilakis J, Jaschke W, Paulo G, Repussard J, Schegerer A, Tsapaki V, et al. European study on clinical diagnostic reference levels for X-ray medical imaging: EUCLID [Internet]. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea; 2021 [citado 6 de agosto de 2025]. Disponible en: https://data.europa.eu/doi/10.2833/452154

13. Hausleiter J, Meyer T, Hermann F. Estimated Radiation Dose Associated With Cardiac CT [Internet]. Vol. 301. 2009 [citado 27 de septiembre de 2025];301(5). Disponible en: https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/183324 doi:doi:10.1001/jama.2009.54

14. Instituto Peruano de Energía Nuclear. Requisitos de Protección Radiológica en Diagnóstico Médico con Equipos de Rayos x. IR.003.2024. 2024.

15. Amador Balbona ZH, Torres Aroche LA, López Díaz A. Reference levels for diagnosis in nuclear medicine and hybrid imaging. Review and update. 2022;(no.72):1-12.

16. Cabrera Hernandez V, García-Huidobro R, Gómez Quintana S, López Quintana F. Determinación de niveles de referencia de diagnóstico locales en patologías coronarias por tomografía computarizada en la sede de Clínica Alemana de Vitacura entre enero y diciembre de 2022 [Internet]. Universidad del Desarrollo. Facultad de Medicina; 2023 [citado 4 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://hdl.handle.net/11447/8699

17. Bona R, Marini P, Turilli D, Masala S, Scaglione M. Coronary Computed Tomography Angiography with Deep Learning Image Reconstruction: A Preliminary Study to Evaluate Radiation Exposure Reduction. Tomography. 16 de mayo de 2023;9(3):1019-28. doi:10.3390/tomography9030083 PubMed PMID: 37218943; PubMed Central PMCID: PMC10204394.

18. Garba I, Fatima AM, Mansur Y, Ismail A, Abubakar A. First Cardiac Computed Tomography Typical Radiation Dose Values From a Single Centre in

Nigeria: A Pilot Study. Radiat Prot Dosimetry. 1 de abril de 2022;198(7):434-9. doi:10.1093/rpd/ncac073

19. Alhailiy A, Ryan E, Ekpo E, Kench P, Brennan P. Diagnostic Reference Levels For Cardiac CT Angiography in Australia [Internet]. 2018 [citado 4 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30032302/ doi:10.1093/rpd/ncy112

20. Alhailiy AB, Kench PL, McEntee MF, Brennan PC, Ryan EA. Establishing Diagnostic Reference Levels For Cardiac Computed Tomography Angiography in Saudi Arabia. Radiat Prot Dosimetry. 1 de octubre de 2018;181(2):129-34. doi:10.1093/rpd/ncx306

21. Moran M. Salud. Desarrollo Sostenible [Internet]. [citado 21 de octubre de 2025]. Disponible en: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/health/

22. Moran M. Infraestructura. Desarrollo Sostenible [Internet]. [citado 21 de octubre de 2025]. Disponible en: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/

23. Moran M. Paz y justicia. Desarrollo Sostenible [Internet]. [citado 21 de octubre de 2025]. Disponible en: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/peace-justice/

24. Ubeda C, Nocetti D, Aragón M, Aragón G, Aragón D, Medina O, et al. Niveles de Referencia para Diagnóstico en Procedimientos Radiológicos Dentales: Una Guía Práctica. Int J Odontostomatol. diciembre de 2020;14(4):610-6. doi:10.4067/S0718-381X2020000400610

25. European Society of Radiology, editor. Summary of the European Directive 2013/59/Euratom: essentials for health professionals in radiology. Insights Imaging. 27 de mayo de 2015;6(4):411-7. doi:10.1007/s13244-015-0410-4 PubMed PMID: 26014053; PubMed Central PMCID: PMC4519811.

26. Ministerio de Industria, Energía y Minería [Internet]. [citado 6 de septiembre de 2025]. Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/politicas-y-gestion/comision-internacional-proteccion-radiologica-icrp

27. McCollough CH. Image-wisely [Internet]. [citado 6 de septiembre de 2025]. Diagnostic Reference Levels. Disponible en: https://www.imagewisely.org/Imaging-Modalities/Computed-Tomography/Diagnostic-Reference-Levels

28. The Diagnostic Reference Levels (DRLs) in Europe [Internet]. [citado 6 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://www.eu-alara.net/index.php/surveys-mainmenu-53/36-ean-surveys/156-drls.html

29. Vajuhudeen Z. Radiopaedia [Internet]. [citado 6 de septiembre de 2025]. Diagnostic reference level | Radiology Reference Article | Radiopaedia.org. Disponible en: https://radiopaedia.org/articles/diagnostic-reference-level doi:10.53347/rID-80057

30. Yu L, Liu X, Leng S, Kofler JM, Ramirez-Giraldo JC, Qu M, et al. Radiation dose reduction in computed tomography: techniques and future perspective. Imaging Med. octubre de 2009;1(1):65-84. doi:10.2217/iim.09.5 PubMed PMID: 22308169; PubMed Central PMCID: PMC3271708.

31. Image-wisely [Internet]. [citado 6 de septiembre de 2025]. Accreditation of Your CT Program. Disponible en: https://www.imagewisely.org/Imaging-Modalities/Computed-Tomography/Accreditation-of-Your-CT-Program

32. Albus, K. Accreditation Support [Internet]. American College of Radiology; 2025 [citado 12 de octubre de 2026]. Radiation Dosimetry: CT. Disponible en: https://accreditationsupport.acr.org/support/solutions/articles/11000056198-radiation-dosimetry-ct-revised-6-4-2025-

33. Hernández LP, García NF, Pérez EM, Rodríguez LR, Guinea OF. Estrategias de Reducción de Dosis en TC. Seram [Internet]. 22 de noviembre de 2018 [citado 18 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/1375

34. Andisco D, Blanco S, Buzzi AE. Dosimetría en tomografía computada. Rev Argent Radiol. 1 de julio de 2014;78(3):156-60. doi:10.1016/j.rard.2014.07.004

35. Kinfe GK, Wores BT. Computed Tomography Dose Level in Selected Five Principal Hospitals in Ethiopia. Ethiop J Health Sci. noviembre de 2023;33(6):1005-14. doi:10.4314/ejhs.v33i6.11 PubMed PMID: 38784484; PubMed Central PMCID: PMC11111265.

36. ESR ES of R. EuroSafe Imaging Together: por la seguridad del paciente [Internet]. [citado 18 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://www.eurosafeimaging.org/euclid

37. Tsapaki V, Damilakis J, Paulo G, Schegerer AA, Repussard J, Jaschke W, et al. CT diagnostic reference levels based on clinical indications: results of a

large-scale European survey. Eur Radiol. julio de 2021;31(7):4459-69. doi:10.1007/s00330-020-07652-5 PubMed PMID: 33449177.

38. Hrescak M, Socolsky G. Godfrey Newbold Hounsfield: historia e impacto de la tomografía computada [Internet]. Vol. 76. 2012 [citado 18 de septiembre de 2025];76(4). Disponible en: https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-999220120004000 08

39. Radiology (ACR) RS of NA (RSNA) and AC of. Radiologyinfo.org [Internet]. [citado 26 de septiembre de 2025]. Procedimientos de tomografía axial computarizada (TC o TAC). Disponible en: https://www.radiologyinfo.org/es/ctscan

40. Instituto Nacional del Cáncer. Tomografía computarizada para el cáncer [Internet]. 2025 [citado 26 de septiembre de 2025]. Located at: nciglobal,ncienterprise. Disponible en: https://www.cancer.gov/espanol/cancer/diagnostico-estadificacion/hoja-informativa-to mografia-computarizada

41. Baños A. Tomografía Computarizada [Internet]. Universidad de Murcia. Report no.: 9. Disponible en: https://www.studocu.com/latam/document/universidad-de-oriente-venezuela/radiologi a/lectura-9-radiologia/107031203?sid=b6598913-1065-40b1-b886-f7ae76521b591788 323120

42. Exploración por tomografía computarizada - Mayo Clinic [Internet]. [citado 26 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://www.mayoclinic.org/es/tests-procedures/ct-scan/about/pac-20393675

43. Calzado A, Geleijns J. Tomografía computarizada. Evolución, principios técnicos y aplicaciones. Rev Física Médica [Internet]. 2010 [citado 26 de septiembre de 2025];11(3). Disponible en: https://revistadefisicamedica.es/index.php/rfm/article/view/115

44. Karthikeyan D. Angiografía Coronaria por TC Multidetector [Internet]. 1.ª ed. AMOLCA; 2010 [citado 26 de septiembre de 2025]. 302 p. Disponible en: https://amolca.com.pe/libro/angiografia-coronaria-por-tc-multidetector

45. Prat-Gonzalez S, Sanz J, Garcia MJ. Cardiac CT: Indications and Limitations. J Nucl Med Technol. 1 de marzo de 2008;36(1):18-24. doi:10.2967/jnmt.107.042424 PubMed PMID: 18287198.

46. Bitar P, Paolinelli P, Furnaro F. TOMOGRAFÍA COMPUTADA CARDÍACA: ESTADO ACTUAL. Rev Médica Clínica Las Condes. 1 de enero de

2018;Tema central: Fronteras de la cardiología29(1):33-43. doi:10.1016/j.rmclc.2017.12.007

47. ¿Qué es el kV en tomografía? - ESAR - Importación de equipos médicos en Argentina [Internet]. 29 de junio de 2024 [citado 27 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://esar.com.ar/notas/que-es-el-kv-en-tomografia/

48. Alexánderson Rosas E, Meave Gonzáles M, Jimenez-Santos M. Angiografía mediante tomografía computarizada cardiaca: una técnica versátil. Rev Esp Cardiol. 1 de abril de 2011;64(4):255-7. doi:10.1016/j.recesp.2010.11.007

49. Peña Cabrejos CJ, Huaman Avelino LN. Factores que influyen en la calidad de imagen de las angiotomografías coronarias [Internet]. 2023 [citado 26 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/13572

50. Hernández-Hernández JM, Guzmán-Ramírez D, Enriquez-Rodríguez R. Anomalías de arterias coronarias. Evaluación por angiotomografía cardíaca multidetector y otras técnicas de imagen cardíaca. Rev Ecocardiografía Práctica Otras Téc Imagen Cardíaca. 30 de agosto de 2017;(5):13-21. doi:10.37615/retic.n5a3

51. Karlsberg RP, Budoff MJ, Thomson LEJ, Friedman JD, Berman DS. Reduction in downstream test utilization following introduction of coronary computed tomography in a cardiology practice. Int J Cardiovasc Imaging. 2010;26(3):359-66. doi:10.1007/s10554-009-9547-x PubMed PMID: 19967562; PubMed Central PMCID: PMC2846332.

52. Ortega Díaz CI, Vintimilla Garate JF, Quizhpe Rivera AR, Moreira Vera WX, García Zambrano MJ, Coronel Cárdenas BR, et al. Estudio Descriptivo: Dosis Efectiva de Radiación en Angiotomografías Coronarias Multidetector de Enero del 2013 a Diciembre del 2015 en el Hospital de Especialidades José Carrasco Arteaga. Rev Médica Hosp José Carrasco Arteaga. 15 de julio de 2017;9(2):134-8. doi:10.14410/2017.9.2.ao.22

53. Cuellar-Calabria H, Burcet G, Juarez-Garcia MS, Reyes-Juárez JL, Pizzi MN, Aguadé-Bruix S, et al. Implantación de un protocolo de angio-TC coronaria basado en el índice de masa corporal: reducción de dosis, calidad de imagen y rendimiento diagnóstico. Radiología. 1 de enero de 2024;66(1):2-12. doi:10.1016/j.rx.2022.01.016

54. Allende N F, Araya V K, Madariaga M E, Bitar H P, Paolinelli G P. Calidad de imagen y reducción de dosis en angiotomografía computarizada de arterias coronarias usando protocolo de baja energía. Rev Chil Radiol. 2017;23(3):130-9. doi:10.4067/S0717-93082017000300007

55. Stocker TJ, Deseive S, Leipsic J, Hadamitzky M, Chen MY, Rubinshtein R, et al. Reduction in radiation exposure in cardiovascular computed tomography imaging: results from the PROspective multicenter registry on radiaTion dose Estimates of cardiac CT angIOgraphy iN daily practice in 2017 (PROTECTION VI). Eur Heart J. 1 de noviembre de 2018;39(41):3715-23. doi:10.1093/eurheartj/ehy546 PubMed PMID: 30165629; PubMed Central PMCID: PMC6455904.

56. Mafalanka F, Etard C, Rehel JL, Pesenti-Rossi D, Amrar-Vennier F, Baron N, et al. Establishment of diagnostic reference levels in cardiac CT in France: a need for patient dose optimisation. Radiat Prot Dosimetry. 1 de abril de 2015;164(1-2):116-9. doi:10.1093/rpd/ncu317

57. Hosseini Nasab SMB, Shabestani-Monfared A, Deevband MR, Paydar R, Nabahati M. Estimation of Cardiac CT Angiography Radiation Dose Toward the Establishment of National Diagnostic Reference Level for CCTA in Iran. Radiat Prot Dosimetry. 1 de mayo de 2017;174(4):551-7. doi:10.1093/rpd/ncw249

58. Cañete-Hidalgo SA. Niveles de referencia de dosis (NRD) y estimación de dosis poblacional en España. PROYECTO DOPOES II. [Internet]. 2023 [citado 27 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/26689

59. Sarango AFH, Pallmay ERC, Sarzosa JPR, Pozo JEC. Tipos y clasificación de las investigaciones: Types and classification of investigations. LATAM Rev Latinoam Cienc Soc Humanidades. 6 de abril de 2024;5(2):956-66. doi:10.56712/latam.v5i2.1927

60. ATLAS.ti [Internet]. [citado 27 de septiembre de 2025]. ¿Qué es la investigación descriptiva y cómo se utiliza? Disponible en: https://atlasti.com/es/research-hub/investigacion-descriptiva

61. Velázquez A. Investigación no experimental: Qué es, características y ejemplos. QuestionPro [Internet]. 28 de diciembre de 2018 [citado 27 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-no-experimental/

62. Diccionario Médico [Internet]. [citado 13 de agosto de 2026]. Qué es Paciente. Disponible en: https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/paciente

63. Medina M, Rojas R, Bustamante W, Loaiza R, Martel C, Castillo R. Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú [Internet]. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú; 2023 [citado 28 de septiembre de 2025]. Disponible en: https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/book/90 doi:10.35622/inudi.b.080

64. Sabino C. El Proceso de Investigación [Internet]. Panapo; 1992. 216 p. Disponible en: https://perio.unlp.edu.ar/tif/wp-content/uploads/2021/04/CarlosSabino-ElProcesoDeInvestigacion_0

65. Romero, S., Sandoval, M., Gómez, W. Guía para la Elaboración de Tesis [Internet]. UNMSM; 2023 [citado 10 de octubre de 2026]. Disponible en: https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-mayor-de-san-marcos/tesis/guia-elaboracion-de-tesis-eptm-con-rd/95800759

ANEXOS

ANEXO I: MATRIZ DE CONSISTENCIA

<table>
<tr><th>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</th><th>OBJETIVOS</th><th>VARIABLES</th><th>METODOLOGÍA</th><th>MUESTRA</th></tr>
<tr>
<td rowspan="3">¿Cuál es el nivel de referencia diagnóstico típico para la serie de angiotomografía coronaria indicada para la evaluación de arterias coronarias en la Clínica Internacional?</td>
<td>GENERAL</td>
<td rowspan="3">Nivel de referencia diagnóstico típico
➔ DIMENSIÓN:
● Indicadores de dosis para la serie de angiotomografía coronaria
INDICADOR
- CTDIvol
- DLP
Característica de los pacientes
➔ DIMENSIÓN:
● Sociodemográfica</td>
<td rowspan="3">La presente investigación es de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, retrospectivo, descriptivo y de diseño no experimental.</td>
<td rowspan="3">La población estuvo constituida por estudios de tomografía computarizada cardíaca realizados en la Clínica Internacional - Sede San Borja durante el período comprendido entre julio - octubre del 2025.

El marco muestral estuvo constituido por los informes registrados en la plataforma de gestión de dosis DoseWatch versión 3.3.8, presente en el servicio de</td>
</tr>
<tr>
<td>Determinar el nivel de referencia diagnóstico típico para la serie de angiotomografía coronaria indicada para la evaluación de las arterias coronarias en la Clínica Internacional.</td>
</tr>
<tr>
<td>ESPECÍFICOS</td>
</tr>
</table>

	- Caracterizar a los pacientes según sexo, edad e índice de masa corporal. - Determinar los parámetros técnicos empleados para la serie de angiotomografía coronaria. - Identificar el valor mediano del CTDIvol obtenido en la serie de angiotomografía coronaria. - Identificar el valor mediano del DLP obtenido en la serie de angiotomografía coronaria. - Comparar el nivel de referencia diagnóstico típico obtenido, respecto al proyecto EUCLID establecido para la serie de	INDICADOR - Edad - Sexo ● Antropométrica INDICADOR - IMC **Parámetros técnicos de adquisición en la serie de angiotomografía coronaria** ➔ DIMENSIÓN: ● Parámetros técnicos - Tensión del tubo - Carga del tubo - Pitch - Rotación del tubo - Longitud escaneada - Sincronización		Diagnóstico por Imágenes de la Clínica Internacional. Además, el estudió optó por un enfoque de muestreo no probabilístico por conveniencia. En ese sentido la muestra estuvo conformada por 223 estudios con protocolo de angiotomografia coronaria y con serie para la evaluación de arterias coronarias realizados en un tomógrafo marca General Electric modelo Revolution CT de 256 filas de detectores.

	angiotomografía coronaria indicada para la evaluación de arterias coronarias.	cardíaca (ECG)		

ANEXO II:

NIVELES DE REFERENCIA BASADO EN INDICACIONES CLÍNICAS SEGÚN EL PROYECTO EUCLID

CI	Clinical indication	$CTDI_{vol,p}$ (mGy)	DLP_p (mGy.cm)	DLP_t (mGy.cm)	scan length (cm)
1	Stroke - Detection or exclusion of a haemorrhage	48	807	1386	18
2	Chronic sinusitis - Detection or exclusion of polyps	11	188	211	16
3	Cervical spine trauma - Detection or exclusion of a lesion	17	455	495	23
4	Pulmonary embolism - Detection or exclusion	9	307	364	35
5	Coronary calcium scoring - Risk stratification	4	72	81	17
6	Coronary angiography - Vessels assessment	25	415	459	17
7	Lung cancer - Oncological staging, First and F-up	8	348	628	47
8	Hepatocellular carcinoma - Oncological staging	9	354	1273	37
9	Colic / abdominal pain - Exclusion or detection of a stone	8	436	480	48
10	Appendicitis - Detection or exclusion	9	498	874	49

Fuente: Extraído de "European study on clinical diagnostic reference levels for X-ray medical imaging: EUCLID" (12)
Nota: CTDIvolp: CTDI vol de la serie o fase de estudio; DLPp: DLP de la serie o fase de estudio; DLPt: DLP total del estudio

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Facultad de Medicina

Escuela Profesional de Tecnología Médica

Área: Radiología

ANEXO III: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

<table>
<tr><td colspan="6">FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS
“NIVEL DE REFERENCIA DIAGNÓSTICO TÍPICO EN ANGIOTOMOGRAFÍA CORONARIA, CLÍNICA INTERNACIONAL, 2025”</td></tr>
<tr><td colspan="6">Datos sociodemográficos y antropométricos de los pacientes</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Código identificador:

_____</td><td>Edad (Años):</td><td>Peso (kg):</td><td rowspan="3">IMC (kg/m²)</td><td colspan="2">( ) Bajo peso <18,5
( ) Normal 18,5 a 24,9</td></tr>
<tr><td>Sexo:

M ( ) F ( )</td><td>Talla (m):</td><td colspan="2">( ) Sobrepeso 25 a 29,9
( ) Obesidad ≥30</td></tr>
<tr><td colspan="6">Parámetros técnicos de adquisición en la serie de angiotomografía coronaria</td></tr>
<tr><td>Tensión del tubo kV:</td><td>Carga del tubo mAs:</td><td>Pitch:</td><td>Longitud escaneada (mm):</td><td>Rotación del tubo (s):</td><td>Sincronización cardíaca (ECG):</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>( )Retrospectiva
( ) Prospectiva</td></tr>
<tr><td colspan="6">Indicadores de dosis en la serie de angiotomografía coronaria</td></tr>
<tr><td colspan="3">CTDIvol (mGy):</td><td colspan="3">DLP (mGy.cm):</td></tr>
</table>

ANEXO IV:

AUTORIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Clínica Internacional

Lima, 25 de mayo de 2026

N°024-TI-D-UDID-CI-2026

Investigador:
Diego Alberto García Reyna

Cordial saludo:

Por la presente, informo que ha sido aprobada la solicitud de campo clínico para el desarrollo del proyecto de investigación titulado **"Nivel de Referencia Diagnóstico Típico en Angiotomografía Coronaria, Clínica Internacional (2025)"**, con las siguientes características:

Vigencia de aprobación	6 meses
F. Inicio	25/05/2026
F. Fin	25/11/2026
Sede	San Borja

Cabe mencionar que usted ha firmado un **compromiso de confidencialidad para investigadores**, por lo que, se encuentra en la obligación de cumplir con lo referido en dichos documentos, caso contrario se le informará a su institución y se tomará en cuenta para próximas solicitudes. Asimismo, debido a ser personal externo, su proyecto se encuentra bajo la responsabilidad y seguimiento de los licenciados Waynner Sánchez García y Liliana Zegarra Huarac.

Para consultas, puede comunicarse al correo rjuscamaita@cinternacional.com.pe

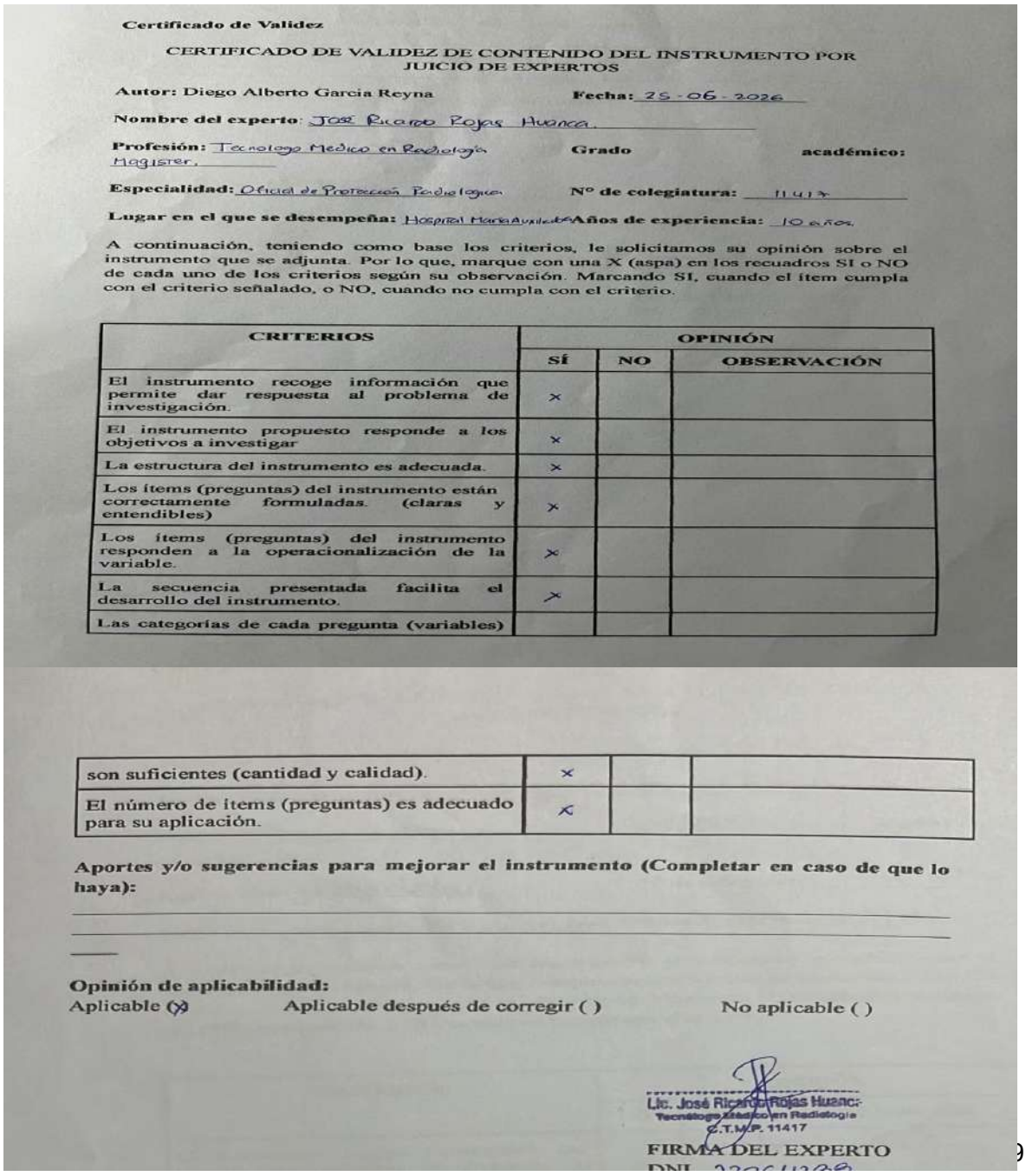
Atentamente,

Cynthia Soto Paz
Gerente de Relacionamiento Médico
Clínica Internacional

ANEXO V:

JUICIO DE EXPERTOS

- **EXPERTO 1**



Certificado de Validez

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

Autor: Diego Alberto Garcia Reyna **Fecha:** 25 - 06 - 2026

Nombre del experto: José Ricardo Rojas Huanca.

Profesión: Tecnologo Medico en Radiología **Grado académico:** Magister.

Especialidad: Oficial de Protección Radiológica **N° de colegiatura:** 11417

Lugar en el que se desempeña: Hospital María Auxiliadora **Años de experiencia:** 10 años.

A continuación, teniendo como base los criterios, le solicitamos su opinión sobre el instrumento que se adjunta. Por lo que, marque con una X (aspa) en los recuadros SI o NO de cada uno de los criterios según su observación. Marcando SI, cuando el ítem cumpla con el criterio señalado, o NO, cuando no cumpla con el criterio.

CRITERIOS	OPINIÓN		
	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
El instrumento recoge información que permite dar respuesta al problema de investigación.	x		
El instrumento propuesto responde a los objetivos a investigar	x		
La estructura del instrumento es adecuada.	x		
Los ítems (preguntas) del instrumento están correctamente formuladas. (claras y entendibles)	x		
Los ítems (preguntas) del instrumento responden a la operacionalización de la variable.	x		
La secuencia presentada facilita el desarrollo del instrumento.	x		
Las categorías de cada pregunta (variables)			
son suficientes (cantidad y calidad).	x		
El número de ítems (preguntas) es adecuado para su aplicación.	x		

Aportes y/o sugerencias para mejorar el instrumento (Completar en caso de que lo haya):

Opinión de aplicabilidad:

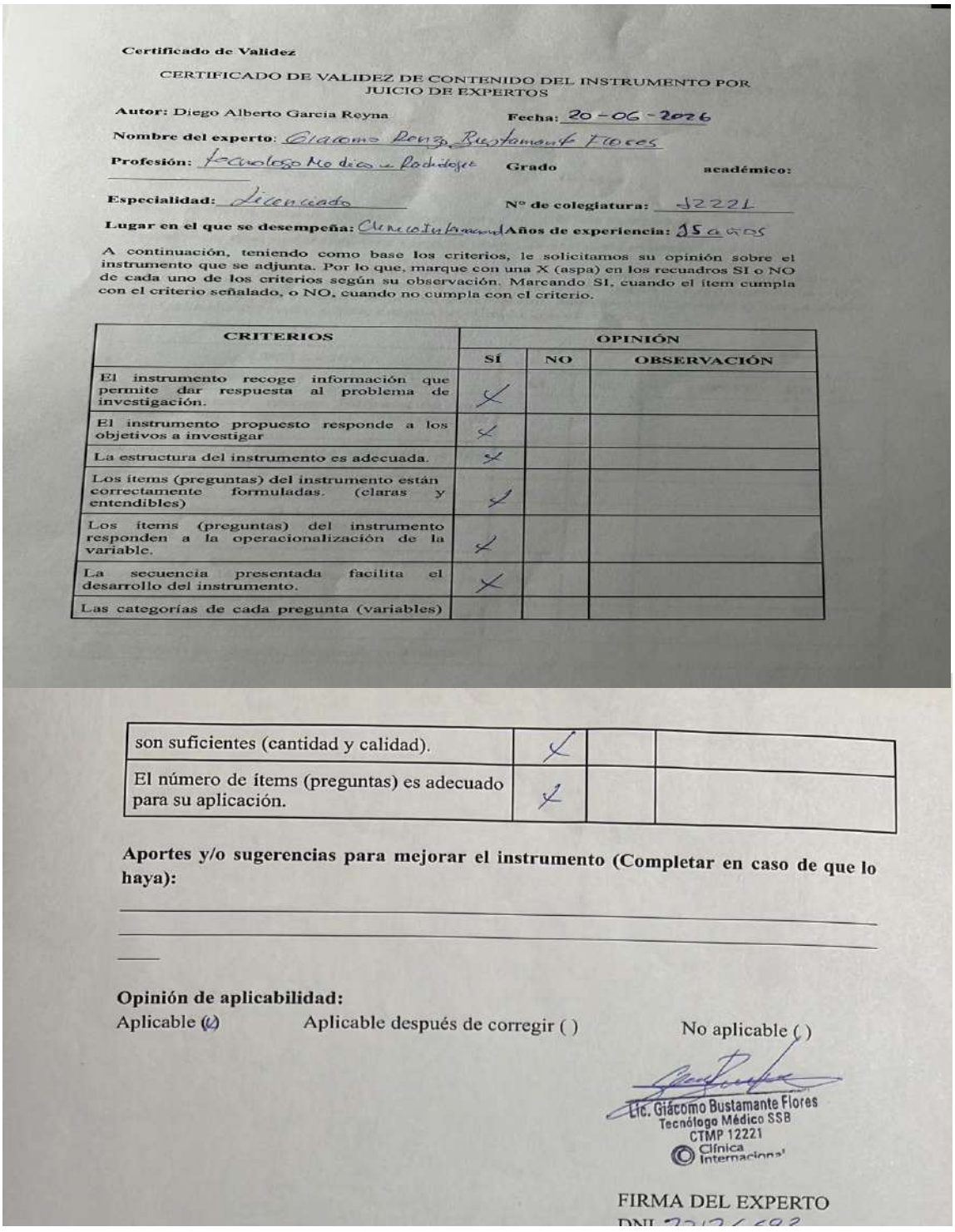
Aplicable (x) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Lic. José Ricardo Rojas Huanca
Tecnólogo Médico en Radiología
C.T.M.P. 11417

FIRMA DEL EXPERTO

DNI

- **EXPERTO 2**



Certificado de Validez

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

Autor: Diego Alberto Garcia Reyna **Fecha:** 20-06-2026

Nombre del experto: Giacomo Renzo Bustamante Flores

Profesión: Tecnologo Medico - Radiologo **Grado académico:**

Especialidad: Licenciado **N° de colegiatura:** 12221

Lugar en el que se desempeña: Clinica Internacional **Años de experiencia:** 15 años

A continuación, teniendo como base los criterios, le solicitamos su opinión sobre el instrumento que se adjunta. Por lo que, marque con una X (aspa) en los recuadros SI o NO de cada uno de los criterios según su observación. Marcando SI, cuando el ítem cumpla con el criterio señalado, o NO, cuando no cumpla con el criterio.

CRITERIOS	OPINIÓN		
	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
El instrumento recoge información que permite dar respuesta al problema de investigación.	X		
El instrumento propuesto responde a los objetivos a investigar	X		
La estructura del instrumento es adecuada.	X		
Los ítems (preguntas) del instrumento están correctamente formuladas. (claras y entendibles)	X		
Los ítems (preguntas) del instrumento responden a la operacionalización de la variable.	X		
La secuencia presentada facilita el desarrollo del instrumento.	X		
Las categorías de cada pregunta (variables)			
son suficientes (cantidad y calidad).	X		
El número de ítems (preguntas) es adecuado para su aplicación.	X		

Aportes y/o sugerencias para mejorar el instrumento (Completar en caso de que lo haya):

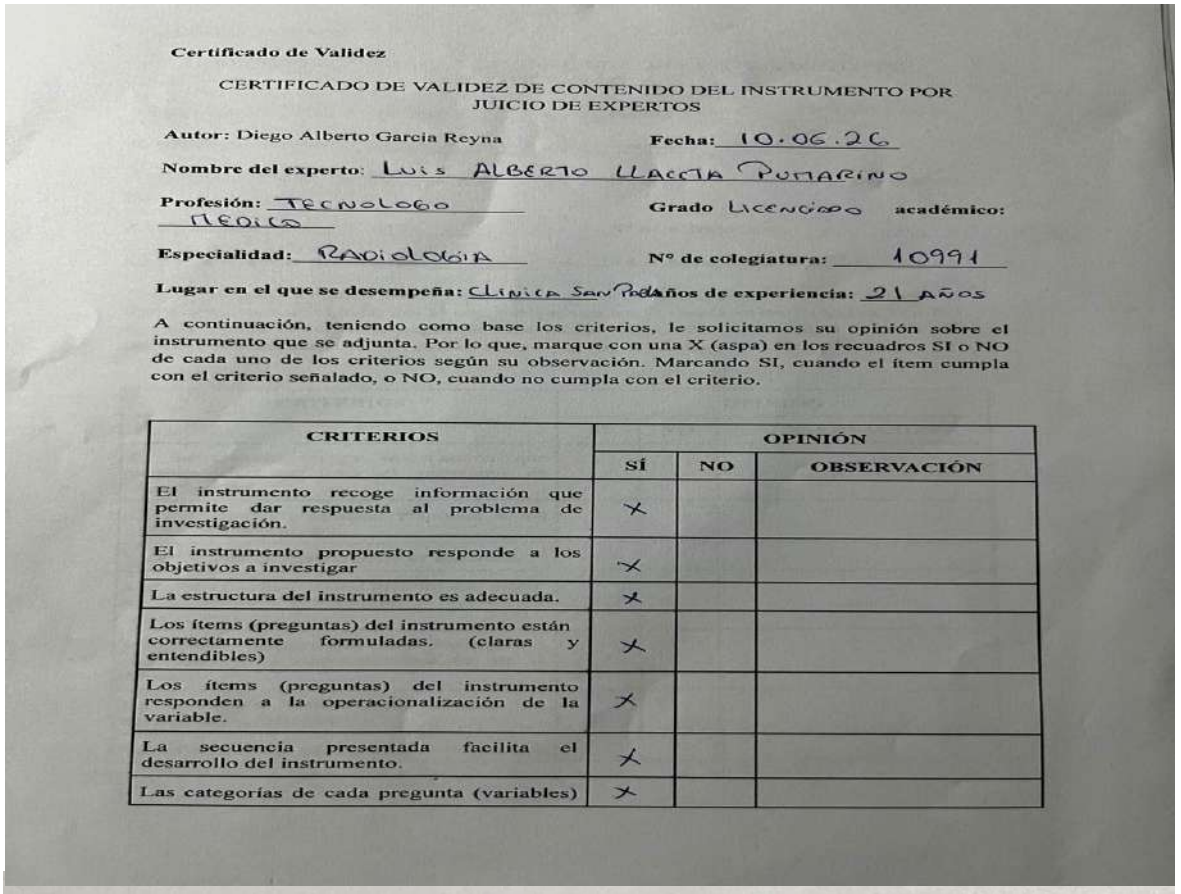
Opinión de aplicabilidad:

Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Lic. Giácomo Bustamante Flores
Tecnólogo Médico SSB
CTMP 12221
Clínica Internacional

FIRMA DEL EXPERTO

- **EXPERTO 3**



Certificado de Validez

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

Autor: Diego Alberto Garcia Reyna **Fecha:** 10.06.26

Nombre del experto: Luis ALBERTO LLACCTA PUMARINO

Profesión: TECNOLOGO MEDICO **Grado académico:** LICENCIADO

Especialidad: RADIOLOGIA **Nº de colegiatura:** 10991

Lugar en el que se desempeña: CLINICA San Pedro **Años de experiencia:** 21 AÑOS

A continuación, teniendo como base los criterios, le solicitamos su opinión sobre el instrumento que se adjunta. Por lo que, marque con una X (aspa) en los recuadros SI o NO de cada uno de los criterios según su observación. Marcando SI, cuando el ítem cumpla con el criterio señalado, o NO, cuando no cumpla con el criterio.

CRITERIOS	OPINIÓN		
	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
El instrumento recoge información que permite dar respuesta al problema de investigación.	X		
El instrumento propuesto responde a los objetivos a investigar	X		
La estructura del instrumento es adecuada.	X		
Los ítems (preguntas) del instrumento están correctamente formuladas. (claras y entendibles)	X		
Los ítems (preguntas) del instrumento responden a la operacionalización de la variable.	X		
La secuencia presentada facilita el desarrollo del instrumento.	X		
Las categorías de cada pregunta (variables)	X		
son suficientes (cantidad y calidad).	X		
El número de ítems (preguntas) es adecuado para su aplicación.	X		

Aportes y/o sugerencias para mejorar el instrumento (Completar en caso de que lo haya):

Opinión de aplicabilidad:

Aplicable (X) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

DIAGNOSTICO POR IMAGENES TOMOMEDIC
LUIS ALBERTO LLACCTA PUMARINO
TECNOLOGO MEDICO - CTMP 10991

FIRMA DEL EXPERTO

DNI 41452913

- **EXPERTO 4**

Certificado de Validez

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

Autor: Diego Alberto Garcia Reyna **Fecha:** 20 de agosto de 2026

Nombre del experto:Mg. Isna Liz Larico Pampamallco

Profesión: Tecnólogo Médico en Radiología **Grado académico:** Magister

Especialidad: Radiología **N° de colegiatura:** CTMP 5908

Lugar en el que se desempeña: Universidad Nacional Mayor de San Marcos **Años de experiencia:** 6

A continuación, teniendo como base los criterios, le solicitamos su opinión sobre el instrumento que se adjunta. Por lo que, marque con una X (aspa) en los recuadros SI o NO de cada uno de los criterios según su observación. Marcando SI, cuando el ítem cumpla con el criterio señalado, o NO, cuando no cumpla con el criterio.

CRITERIOS	OPINIÓN		
	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
El instrumento recoge información que permite dar respuesta al problema de investigación.	X		Recoge los indicadores dosimétricos correspondientes al barrido angiográfico coronario.
El instrumento propuesto responde a los objetivos a investigar	X		Incluye las características de los pacientes, los parámetros técnicos y los indicadores de dosis requeridos.
La estructura del instrumento es adecuada.	X		Presenta los campos organizados en datos del paciente, parámetros de adquisición e indicadores dosimétricos.
Los ítems (preguntas) del instrumento están correctamente formuladas. (claras y entendibles)	X		Las denominaciones y unidades permiten identificar los datos que deben registrarse.
Los ítems (preguntas) del instrumento responden a la operacionalización de la variable.	X		Existe correspondencia entre los indicadores de la operacionalización y los campos de la ficha.
La secuencia presentada facilita el desarrollo del instrumento.	X		El orden establecido facilita la recolección sistemática de los datos.
Las categorías de cada pregunta (variables) son suficientes (cantidad y calidad).	X		Incluye las categorías de sexo, clasificación ordinal del IMC y sincronización cardíaca.
El número de ítems (preguntas) es adecuado para su aplicación.	X		Los campos son suficientes para cumplir los objetivos planteados.

Aportes y/o sugerencias para mejorar el instrumento (Completar en caso de que lo haya):

_____

_____

_____

Opinión de aplicabilidad:

Aplicable (**X**) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )



FIRMA DEL EXPERTO

ANEXO VI:

PRUEBA DE CONCORDANCIA ENTRE LOS JUECES EXPERTOS

b= Ta / (Ta+Td) x 100

Donde:
Ta = N total de acuerdos
Td = N total de desacuerdos
b = Grado de concordancia de jueces

Valora con 1 la respuesta positiva, 0 respuesta negativa.

ACEPTABLE: 0,70
BUENO: 0,70 - 0,80
EXCELENTE: >0.90

Fuente: Extraído de "Guía para la elaboración de trabajos académicos, para la obtención del título profesional de licenciado en tecnología médica"(65).

CRITERIOS	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	TOTAL
1	1	1	1	1	4
2	1	1	1	1	4
3	1	1	1	1	4
4	1	1	1	1	4
5	1	1	1	1	4
6	1	1	1	1	4
7	1	1	1	1	4
8	1	1	1	1	4
TOTAL	8	8	8	8	32

b = (32 / 32) x 100
b= 100 %

ANEXO VII:

CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD DEL EQUIPO



QC DOSE S.A.C.
CONTROL DE CALIDAD

CERTIFICADO

N° 0418.25

CONTROL DE CALIDAD

EMPRESA AUTORIZADA POR LA OFICINA TÉCNICA DE LA AUTORIDAD NACIONAL OTAN / IPEN LICENCIA N° S0086.E3
El Departamento de Control de Calidad de la empresa QC DOSE S.A.C. certifica que se ha realizado la evaluación en la instalación Radiológica de:

CLINICA INTERNACIONAL S.A.

Av. Guardia Civil N° 385 - San Borja
Lima - Lima

EQUIPO EVALUADO

TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA	GENERAL ELECTRIC	REVOLUTION CT	442748CN0
TIPO / USO	MARCA	MODELO	N° DE SERIE

HOMOLOGADO

VERIFICANDO QUE LOS PARÁMETROS TÉCNICOS Y GEOMÉTRICOS DEL EQUIPO SE ENCUENTRAN DENTRO DEL NIVEL DE ACEPTACIÓN INDICANDO EN LOS PROTOCOLOS APROBADOS A LA EMPRESA.

INFORME TÉCNICO N°: **0418 - QC DOSE - 25.4**
(*) VENCIMIENTO: **21 de agosto de 2026.**
LIMA, **22 de agosto de 2025.**

*Cualquier modificación de las caracterisitcas del equipamiento da por anulado este certificado.

Ronald D[illegible]nzales López
Físico autorizado
Licencia IPEN/OTAN N° 0334 - 25

QC D[illegible] S.A.C.
Ing. Nicolas R[illegible]o Carlos
[illegible]359
GER[illegible]ERAL

www.qcdose.com

ANEXO VIII:

BASE DE DATOS EN EXCEL

Pacientes	Datos antropométricos								Parámetros técnicos de adquisición						Reporte Dosimétrico	
	Edad	Sexo	Peso(kg)	Talla(m)	IMC < 18.5 (Bajo	18.5-24.9	25-29.9	≥30	Kv	mAs	Pitch	Rot tubo(s)	Long(mm)	ECG	CTDIVol(mGy)	DLP(mGy*cm)
1	73	M	63	1.7		X			120	699.71	1	0.28	140	RETROSPEC	39.74	556.41
2	59	F	73	1.67			X		120	627.65	1	0.28	160	RETROSPEC	35.31	565.04
3	59	M	87	1.82			X		120	641.71	1	0.28	160	RETROSPEC	39.67	634.77
4	65	M	86	1.75			X		120	780.01	1	0.28	160	RETROSPEC	47.94	767.02
5	69	M	70	1.69		X			120	446.76	1	0.28	140	RETROSPEC	27.89	390.45
6	65	F	58	1.6		X			120	711.84	1	0.28	160	RETROSPEC	40.12	641.93
7	73	M	85	1.79			X		120	1062.54	1	0.28	160	RETROSPEC	65.37	1045.88
8	60	F	60	1.65		X			120	623.94	1	0.28	160	RETROSPEC	35.02	560.33
9	69	F	51	158		X			120	806.62	1	0.28	160	RETROSPEC	45.37	725.99
10	66	F	87	1.58				X	120	718.31	1	0.28	160	RETROSPEC	44.39	710.29
11	80	F	78	1.66			X		120	1160.72	1	0.28	159.99	RETROSPEC	76.59	1225.39
12	56	F	70	1.62			X		120	628.11	1	0.28	140	RETROSPEC	45.41	635
13	72	F	94	1.83			X		120	455.41	1	0.28	160	RETROSPEC	30.07	481.05
14	56	M	58	1.74		X			100	597.8	1	0.28	160	RETROSPEC	21.18	338.94
15	65	M	120	1.72				X	140	418.31	1	0.28	160	RETROSPEC	37.49	599.84
16	53	F	67	1.6			X		100	577.26	1	0.28	120	RETROSPEC	20.88	250.51
17	82	F	60	1.58		X			100	639.98	1	0.28	140	RETROSPEC	24.78	346.88
18	74	F	78	1.5				X	120	737.75	1	0.28	120	RETROSPEC	46.8	561.62
19	59	M	70	1.79		X			120	1456.41	1	0.28	159.99	RETROSPEC	82.21	1315.31
20	52	F	56	1.65		X			120	731.68	1	0.28	160	RETROSPEC	41.36	661.75
21	37	M	89	1.65				X	120	999.31	1	0.28	139.99	RETROSPEC	62.47	874.54
22	70	M	84	1.67				X	120	766.34	1	0.28	160	RETROSPEC	47.23	755.66
23	50	M	105	1.64				X	140	528.91	1	0.28	140	RETROSPEC	48.07	672.99
24	47	M	93	1.73				X	120	1240.92	1	0.28	140	RETROSPEC	77.35	1082.9
25	74	F	57	1.45			X		120	792.22	1	0.28	160	RETROSPEC	44.77	716.25
26	57	M	99	1.7				X	120	898.84	1	0.28	160	RETROSPEC	55.43	886.92
27	58	M	105	1.76				X	140	654.61	1	0.28	160	RETROSPEC	61.25	980.07
28	66	F	66	1.6			X		120	700.15	1	0.28	160	RETROSPEC	43.21	691.4
29	55	M	62	1.6		X			120	910.81	1	0.28	160	RETROSPEC	56.14	898.22
30	36	M	88	1.77			X		120	1230.34	1	0.28	160	RETROSPEC	75.98	1215.6

31	37	M	107	1.8				X	120	473.44	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	29.29	468.67
32	67	F	79	1.49				X	120	811.18	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	50.06	800
33	61	M	115	1.79				X	140	524.67	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	47.1	753.57
34	75	M	70	1.75	X				120	602.18	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	34.02	544.29
35	69	F	47	1.45	X				100	614.11	1	0.28	140	RETROSPEC TIVO	21.87	306.15
36	50	F	64	1.72	X				120	672.82	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	41.43	662.9
37	61	F	73	1.67			X		120	636.46	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	39.39	630.2
38	42	M	94	1.8			X		120	741.47	1	0.28	140	RETROSPEC TIVO	46.06	644.81
39	68	M	97	1.75				X	120	1109.89	1	0.28	140	RETROSPEC TIVO	69.16	968.22
40	52	M	83	1.78			X		120	737.09	1	0.28	140	RETROSPEC TIVO	45.98	643.69
41	38	F	63	1.65	X				120	600.71	1	0.28	140	RETROSPEC TIVO	34.23	479.18
42	57	M	76	1.71			X		120	760.1	1	0.28	140	RETROSPEC TIVO	43.33	606.62
43	35	M	84	1.78			X		120	568.89	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	34.99	559.76
44	53	M	82	1.78			X		120	706.36	1	0.28	140	RETROSPEC TIVO	43.86	614.1
45	64	F	50	1.59	X				120	657.44	1	0.28	140	RETROSPEC TIVO	37.37	523.2
46	53	M	118	1.75				X	120	727	1	0.28	140	RETROSPEC TIVO	45.32	634.42
47	43	M	77	1.78	X				120	872.25	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	49.16	786.6
48	75	M	102	1.67				X	120	553.7	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	34.21	547.28
49	20	F	75	1.63			X		120	660.72	1	0.28	140	RETROSPEC TIVO	41.09	575.2
50	76	F	88	1.56				X	120	641.13	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	39.42	630.66
51	74	F	48	1.48	X				120	885.53	1	0.28	140	RETROSPEC TIVO	50.43	706.08
52	67	F	67	1.52			X		120	1382.28	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	77.82	1245.18
53	78	M	81	1.72	X				120	1273.45	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	78.61	1257.74
54	53	M	80	1.83	X				120	962.61	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	59.29	948.59
55	61	F	62	1.56			X		120	674.91	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	38.07	609.11
56	61	M	78	1.78	X				120	637.95	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	39.34	629.49
57	82	F	55	1.3				X	120	755.93	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	42.69	683.11
58	67	F	56	1.5			X		120	613.74	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	37.7	603.13
59	55	F	83	1.65				X	120	1287.24	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	84.92	1358.75
60	57	M	84	1.8			X		120	1007.08	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	62.08	993.23
61	51	F	56	1.67	X				120	488.54	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	27.6	441.53
62	55	M	130	1.8				X	140	466.1	1	0.28	140	RETROSPEC TIVO	44.03	616.43
63	50	M	83	1.75			X		120	453.66	1	0.28	140	RETROSPEC TIVO	28.35	396.93
64	79	M	68	1.8	X				120	1143.02	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	64.31	1028.95
65	58	F	70	1.51				X	120	1166.7	1	0.28	159.99	RETROSPEC TIVO	71.92	1150.66
66	65	M	80	1.76			X		120	739.35	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	45.53	728.47
67	64	F	66	1.58			X		100	645.17	1	0.28	120	RETROSPEC TIVO	27.73	332.78
68	65	M	72	1.78	X				120	715.12	1	0.28	140	RETROSPEC TIVO	40.58	568.17
69	56	M	79	1.68			X		120	1125.95	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	69.5	1111.98
70	60	M	74	1.78	X				120	1349.84	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	75.99	1215.91
71	71	M	75	1.74	X				120	908.41	1	0.28	160	RETROSPEC TIVO	51.34	821.4
72	63	F	67	1.64	X				120	866.04	1	0.28	140	RETROSPEC TIVO	49.33	690

73	50	M	76	1.72			X			120	716.26	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	44.61	624.59
74	58	F	80	1.6				X		120	679.58	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	42.36	593.04
75	77	F	75	1.58				X		120	574.57	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	35.85	501.85
76	60	F	69	1.66			X			120	586.82	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	36.45	510.29
77	48	M	76	1.67			X			120	684.65	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	42.22	675.58
78	71	M	69	1.7	X					120	1298.28	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	73.31	1172.9
79	47	M	71	1.7	X					100	506.44	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	18.12	253.61
80	62	F	60	1.62			X			100	538.2	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	19.19	268.66
81	71	M	78	1.73			X			120	725.3	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	44.73	715.68
82	64	F	74	1.64				X		120	661.49	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	41.37	579.12
83	66	M	82	1.65				X		120	1935.11	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	110.07	1540.96
84	67	M	80	1.74			X			120	654.05	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	36.92	590.78
85	75	M	77	1.74			X			120	742.03	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	45.53	730
86	65	M	88	1.69				X		120	643.97	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	39.66	634.41
87	54	F	60	1.57	X					100	545.98	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	19.59	274.3
88	77	M	96	1.74				X		120	715.06	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	44.54	623.55
89	55	F	60	1.53			X			120	687.53	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	38.66	618.54
90	69	M	73	1.62			X			120	679.89	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	44.75	715.99
91	54	M	70	1.75	X					120	1139.05	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	74.99	1199.89
92	76	M	55	1.71	X					120	706.08	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	39.88	638.16
93	66	M	69	1.72	X					120	1006.62	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	62.05	992.73
94	62	F	63	1.66	X					120	428.2	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	26.77	374.73
95	63	F	90	1.68				X		120	712.78	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	44.4	621.55
96	61	M	75	1.65			X			120	549.53	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	33.83	541.25
97	65	M	85	1.78			X			120	692.84	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	42.79	684.65
98	74	F	65	1.65	X					120	589.7	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	36.43	582.9
99	54	F	68	1.64			X			120	709.01	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	40.3	564.24
100	66	M	74	1.6			X			120	749.77	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	46.17	738.76
101	65	M	74	1.69			X			120	684.43	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	42.34	677.45
102	61	F	67	1.68	X					120	669.81	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	38.11	533.48
103	51	F	79	1.66			X			120	604.09	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	34.05	544.77
104	53	F	100	1.67				X		120	720.74	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	47.79	669.04
105	65	M	77	1.76	X					120	633.85	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	35.67	570.65
106	50	M	74	1.76	X					120	1341.02	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	82.61	1321.75
107	45	F	52	1.62	X					100	668.7	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	23.96	335.4
108	56	M	74	1.71			X			120	622.78	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	35.33	494.56
109	62	F	65	1.58			X			120	1222.32	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	69.01	1104.16
110	55	F	58	1.6			X			120	862.75	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	49.13	687.79
111	77	M	70	1.7	X					100	643.55	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	23.04	322.56
112	89	M	70	1.69	X					120	1057.65	1	0.28	194.98	RETROSPECTIVO	41.76	814.25
113	61	M	76	1.66			X			120	644.2	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	36.19	579
114	48	F	60	1.6	X					120	704.33	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	46.53	744.53

115	61	M	76	1.73			X			100	563.67	1	0.28	120	RETROSPECTIVO	20.44	245.23
116	55	M	78	1.75			X			100	677.52	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	26.12	365.64
117	67	M	76	1.66			X			120	830.94	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	51.76	724.66
118	56	F	72	1.64			X			120	630.49	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	38.75	620.04
119	47	F	68	1.53		X				100	656.5	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	23.23	371.73
120	75	M	62	1.65		X				100	420.5	1	0.28	120	RETROSPECTIVO	15.28	183.38
121	61	F	68	1.64			X			100	632.03	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	22.66	317.27
122	68	M	87	1.74			X			120	511.92	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	31.61	505.8
123	85	F	63	1.54			X			120	856.32	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	52.84	845.48
124	74	M	67	1.65		X				120	673.27	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	41.42	662.78
125	47	F	75	1.63			X			120	1227.83	1	0.28	140.01	RETROSPECTIVO	76.48	1070.78
126	62	F	73	1.59			X			120	615.62	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	38.5	539.05
127	45	M	104	1.8					X	120	668.1	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	41.24	659.75
128	65	M	77	1.7			X			120	569.72	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	32.44	454.09
129	69	M	86	1.56					X	140	543.95	1	0.28	120	RETROSPECTIVO	50.12	601.41
130	77	F	72	1.6			X			120	691.12	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	38.81	620.98
131	48	F	97	1.83			X			120	673.79	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	41.93	587.09
132	48	F	53	1.53		X				120	699.22	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	36.44	510.17
133	62	F	55	1.57		X				120	715.78	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	40.26	644.09
134	71	M	89	1.74			X			120	672.86	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	41.6	663.93
135	67	M	82	1.77			X			120	689.82	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	42.54	680.67
136	66	F	68	1.68			X			120	746.26	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	46.02	736.36
137	58	M	75	1.72			X			100	530.38	1	0.28	120	RETROSPECTIVO	20.98	251.72
138	53	M	84	1.75			X			120	581.25	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	35.91	574.53
139	64	M	78	1.69			X			120	757.07	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	46.53	744.53
140	49	F	54	1.58		X				120	683.51	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	38.85	543.95
141	46	M	80	1.72			X			120	604.8	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	37.14	594.17
142	61	F	69	1.67		X				120	829.58	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	46.7	747.15
143	68	F	87	1.6					X	120	708.7	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	44.14	618
144	56	F	62	1.55			X			120	718.06	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	40.5	648.01
145	61	F	61	1.6		X				120	505.36	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	28.4	397.62
146	50	M	92	1.71					X	140	629.43	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	56.63	906.01
147	66	M	79	1.76		X				120	697.29	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	43.07	689.08
148	42	M	75	1.73		X				100	555.42	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	23.56	329.85
149	65	M	76	1.78		X				100	610.8	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	23.53	329.41
150	41	M	69	1.72		X				120	662.44	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	43.77	700.31
151	48	F	48	1.5		X				120	643.65	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	42.87	600.14
152	50	F	72	1.6			X			120	671.22	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	41.49	663.89
153	77	F	72	1.69			X			120	645.18	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	36.24	579.88
154	56	F	75	1.7			X			120	750.74	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	46.43	742.89
155	58	M	75	1.65			X			120	671.96	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	41.34	661.5
156	67	F	61	1.58		X				120	629.25	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	35.44	566.97

157	76	F	60	1.49			X			120	689.48	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	38.89	622.24
158	55	F	72	1.64			X			120	723.25	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	44.67	714.65
159	53	F	65	1.59			X			120	720.44	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	40.72	651.56
160	36	M	73	1.69			X			120	725.45	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	44.87	717.96
161	59	F	70	1.59			X			120	751.66	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	46.22	739.58
162	66	F	50	1.48		X				120	687.78	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	38.71	619.28
163	47	F	60	1.55		X				120	609.76	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	40.06	641.01
164	49	M	72	1.64			X			120	630.29	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	38.74	619.81
165	73	M	61	1.62		X				120	737.84	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	41.62	665.86
166	42	M	89	1.65					X	120	662.53	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	41.36	579.08
167	61	M	80	1.71			X			120	834.24	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	47.27	661.8
168	51	M	70	1.68		X				120	785.13	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	44.54	623.56
169	49	M	68	1.75		X				120	689.68	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	38.78	620.49
170	60	M	86	1.7			X			120	666.94	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	41.13	658.1
171	60	M	65	1.7		X				120	853.27	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	48.12	769.95
172	57	F	64	1.54			X			120	658.89	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	40.46	647.33
173	53	F	59	1.62		X				120	760.46	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	42.96	687.6
174	52	F	55	1.53		X				100	943.91	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	33.51	536.15
175	56	M	87	1.82			X			120	570.14	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	36.14	662.19
176	56	F	65	1.48			X			120	738.12	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	42.05	588.67
177	68	F	68	1.52			X			120	608.37	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	34.61	484.58
178	72	M	88	1.68					X	120	840.39	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	55.36	885.7
179	79	F	51	1.5		X				120	755.71	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	43.08	603.09
180	64	F	67	1.57			X			120	544.17	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	30.82	431.52
181	61	F	75	1.58					X	120	631.87	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	39.1	625.61
182	60	F	74	1.68			X			120	1346.4	1	0.28	159.99	RETROSPECTIVO	88.65	1418.35
183	42	M	62	1.6		X				120	676.47	1	0.28	144	RETROSPECTIVO	38.48	538.78
184	49	M	68	1.73		X				120	678.16	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	38.22	611.56
185	68	F	76	1.64			X			120	655.79	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	40.28	644.44
186	34	M	83	1.8			X			100	690.17	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	42.69	683.11
187	70	F	73	1.75		X				120	663.47	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	37.68	527.57
188	61	M	74	1.7			X			120	642.76	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	36.2	579.18
189	68	M	75	1.69			X			120	580.41	1	0.28	120	RETROSPECTIVO	36.98	443.74
190	54	M	82	1.78			X			120	753.09	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	43.41	742.58
191	43	F	74	1.64			X			120	603.96	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	33.96	543.3
192	83	F	73	1.62			X			120	668.44	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	37.53	600.46
193	84	F	59	1.51			X			120	1088.16	1	0.28	139.99	RETROSPECTIVO	61.77	864.74
194	61	F	53	1.62		X				120	824.49	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	46.38	742.12
195	75	F	55	1.44			X			120	684.14	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	42.13	674.02
196	66	M	74	1.69			X			120	653.65	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	36.69	587.06
197	52	F	61	1.62		X				120	584.36	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	33.25	465.44
198	36	M	78	1.67			X			120	1160.31	1	0.28	159.99	RETROSPECTIVO	71.44	1142.98

199	70	M	100	1.72				X	140	591.27	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	53.12	849.87
200	51	M	65	1.7	X				120	712.54	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	43.98	703.62
201	70	M	73	1.69		X			120	666.99	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	37.45	599.13
202	62	M	67	1.61		X			120	755.57	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	46.69	747.12
203	66	M	50	1.62	X				120	1655.24	1	0.28	139.99	RETROSPECTIVO	94.08	1317.07
204	36	M	93	1.72				X	120	635.29	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	39.12	625.94
205	78	F	59	1.7	X				100	590.99	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	21.03	336.46
206	50	M	91	1.75			X		140	513.71	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	46.57	652.01
207	38	M	68	1.71	X				120	522.95	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	29.56	472.99
208	73	F	72	1.63			X		120	668.81	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	41.79	585.01
209	52	F	58	1.51			X		100	555.22	1	0.28	140	RETROSPECTIVO	19.94	279.15
210	61	M	97	1.67				X	120	916.14	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	56.6	903.98
211	60	M	80	1.68			X		120	638.17	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	39.29	628.66
212	40	M	75	1.8	X				120	1029.43	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	57.9	926.48
213	51	F	72	1.6			X		120	811.84	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	49.91	798.54
214	73	F	69	1.65			X		120	775.47	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	47.89	766.21
215	46	M	78	1.78	X				120	892.42	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	54.89	878.23
216	73	F	82	1.62				X	120	609.35	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	37.68	602.84
217	69	M	84	1.8			X		120	778.66	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	48.12	769.93
218	79	F	69	1.58			X		120	642	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	36.13	578.01
219	47	M	91	1.82			X		120	686.8	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	42.36	677.7
220	79	F	68	1.65	X				120	707.66	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	39.95	639.13
221	77	F	70	1.68	X				120	623.41	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	38.29	612.58
222	40	M	70	1.7	X				120	643.64	1	0.28	160	RETROSPECTIVO	36.22	579.45
223	71	F	86	1.58				X	140	569.09			160	TIVO	50.9	814.47

ANEXO IX:

EVALUACIÓN POR EL COMITÉ DE ÉTICA

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE MEDICINA
INSTITUTO DE ÉTICA EN SALUD
Dr. Juan Alberto Perales Cabrera
COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional "

ACTA DE EVALUACIÓN ÉTICA DE ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN
(AEE-CEI)

CÓDIGO DE ESTUDIO N°: 0410-2026

En Lima, a los cinco días del mes de noviembre, en Sesión del COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN, previa evaluación del Proyecto de Tesis de Pregrado titulado: **" Nivel de referencia diagnóstica típico en angiotomografía coronaria, clínica Internacional, 2025"** presentado por **Diego Alberto García Reyna,** con código 21010507, de la escuela profesional de tecnología médica, para optar el Título Profesional de Licenciado en Tecnología Médica en el Área de Radiología, en la Facultad de Medicina Humana de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

ACUERDA:

Dar por **APROBADO** dicho Proyecto, considerando que se ha cumplido satisfactoriamente con las recomendaciones en aspectos Científicos Técnicos y Éticos para la investigación en seres humanos.

"El presente documento tiene vigencia a partir de la fecha y expira el 04 de noviembre de 2027"

Lima, 05 de noviembre de 2026

UNMSM Firmado digitalmente por ANGULO POBLETE Daniel Angel FAU 20148002262 soft. Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 06.11.2026 13:16:04 -05:00

.....
Dr. DANIEL ANGEL ANGULO POBLETE
PRESIDENTE
DEL COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE MEDICINA.UNMSM
CÓDIGO DOCENTE 0A1462

ANEXO X:

NIVEL DE REFERENCIA DIAGNÓSTICO DE ANGIOTOMOGRAFÍA CORONARIA EN LA CLÍNICA INTERNACIONAL (2025): VALORES INFERIORES A LOS REPORTADOS INTERNACIONALMENTE

NIVEL DE REFERENCIA DIAGNÓSTICO	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy.cm)
Garcia R. Clínica Internacional. Lima- Perú (2025)	41,49	634, 42
Bona y col. Un centro. Equipo Philips CT (2023) (17)	62	1140
Proyecto DOPOES II. España (2022) (58)	-	920
Alhailiy y col. Arabia Saudita (2018) (20) *	62	1057
Hosseini y col. Irán (2017) (57)	66, 54	1073
Mafalanka y col. Francia (2015) (56)*	44	970
Protection I. Estudio multicéntrico internacional (2009) (13)	70	1200

Fuente: Elaboración propia en base a los NRD reportados por publicaciones internacionales. *: NRD con sincronización ECG retrospectiva

ANEXO XI:

NIVEL DE REFERENCIA DIAGNÓSTICO DE ANGIOTOMOGRAFÍA CORONARIA EN LA CLÍNICA INTERNACIONAL (2025): VALORES SUPERIORES A LOS REPORTADOS INTERNACIONALMENTE

NIVEL DE REFERENCIA DIAGNÓSTICO	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy.cm)
Garcia R. Clínica Internacional. Lima- Perú (2025)	41,49	634,42
Cabrera y col. Un centro. (2023) (16)	21,7	303
Bona y col. Un centro. Equipo GE Revolution CT (2023) (17)	12,8	204
Garba y col. Un centro. (2022) (18)	11	190
Alhailiy y col. Australia (2018) (19)**	22	268
Alhailiy y col. Arabia Saudita (2018) (20)**	29	393
Protection VI. Estudio multicéntrico internacional (2017) (53)**	-	400
Mafalanka y col. Francia (2015) (56)**	26	370

Fuente: Elaboración propia en base a los NRD reportados por publicaciones internacionales. **: NRD con sincronización ECG prospectiva