



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

| Facultad de
MEDICINA

Factores mecánicos asociados a pseudoartrosis en fracturas de
diáfisis de húmero de pacientes atendidos en el Hospital Nacional
Cayetano Heredia en el período de julio 2025 a junio 2026

Mechanical factors associated with pseudoarthrosis in humeral
shaft fractures of patients treated at the Cayetano Heredia
National Hospital in the period from July 2025 to June 2026

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN
ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA

AUTOR

RONY WILLIAN CAMPOS DELGADO

ASESOR

PAUL FRANCIS ALANIA CHAVEZ

LIMA – PERÚ

2026



DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

El egresado:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	CAMPOS DELGADO RONY WILLIAN

Perteneciente al programa de **SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA**, autor del proyecto de investigación titulado: **Factores mecánicos asociados a pseudoartrosis en fracturas de diáfisis de húmero de pacientes atendidos en el Hospital Nacional Cayetano Heredia en el período de julio 2025 a junio 2026**, el cual ha sido elaborado y aprobado, para optar por el **TÍTULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA**, bajo la modalidad de **Proyecto de investigación**.

En calidad de docente asesor de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	ALANIA CHAVEZ PAUL FRANCIS	MEDICINA	Asesor

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **23%**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **3638180901**; fecha de entrega: **01-09-2026**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 02 de septiembre de 2026.**

Firma del asesor
Nº DNI: 09934952
ORCID: 0009-0004-6611-5916

1. RESUMEN

Las fracturas de la diáfisis humeral constituyen un desafío ortopédico relevante debido al riesgo persistente de pseudoartrosis. Identificar los factores mecánicos asociados a esta complicación resulta fundamental para optimizar el manejo inicial en el sistema público de salud. En consecuencia, el presente estudio tiene como objetivo determinar los factores mecánicos asociados a la pseudoartrosis en fracturas diafisarias de húmero en pacientes atendidos en el Hospital Nacional Cayetano Heredia durante el periodo de julio de 2025 a junio de 2026. Se llevará a cabo una investigación analítica, observacional, de casos y controles y retrospectiva. La población estará constituida por aproximadamente 130 pacientes intervenidos mediante osteosíntesis; de este universo se seleccionará una muestra calculada de 60 pacientes, dividida en 30 casos (pacientes con pseudoartrosis seleccionados de forma censal) y 30 controles (pacientes sin pseudoartrosis seleccionados por muestreo aleatorio simple), que cumplan con los criterios de selección. La recolección de datos se efectuará mediante la revisión de historias clínicas e imágenes radiográficas y/o tomográficas del sistema institucional. El análisis estadístico se ejecutará en SPSS v.30.0, aplicando la prueba de Chi-cuadrado para el contraste de variables cualitativas ($p < 0.05$) y estimando la fuerza de asociación mediante *odds ratio* con un intervalo de confianza del 95%. Este trabajo aportará evidencia relevante sobre el impacto del patrón de fractura y el mecanismo lesional en la consolidación ósea en el ámbito local.

Palabras clave: Pseudoartrosis; Fracturas del húmero; Diáfisis. (*Fuente: DeCS/MeSH*).

2. INTRODUCCIÓN

La pseudoartrosis de húmero por fracturas diafisarias constituye una condición patológica que afecta gravemente la funcionalidad del miembro superior y la calidad de vida de las personas. A nivel biomecánico, la diáfisis humeral está sujeta a fuerzas combinadas de torsión, flexión y cizallamiento debido a la inserción de potentes grupos musculares como el pectoral mayor, deltoides y braquial (1,2). Cuando la continuidad ósea se interrumpe, la restauración de la estabilidad depende principalmente del tipo de fractura, el grado de lesión tisular y el grado de energía involucrada durante el evento traumático (3,4).

Muchos estudios señalan que el tipo de fractura de trazo transversal implica una menor superficie de contacto en comparación con las fracturas oblicuas, espiroideas o compuestas, lo que reduce principalmente el potencial de osteogénesis y favorece la micromovilidad excesiva en el foco de fractura (5,6). Además, la presencia de conminución ósea implica un trauma de mayor gravedad que no solo fractura el hueso, sino que compromete la microvascularización perióstica indispensable para la consolidación secundaria (7,8).

Los traumatismos originados por eventos de alta energía (como accidentes de tránsito, caídas de altura, aplastamiento) producen un daño importante a nivel de las partes blandas. Esta lesión a nivel de partes blandas suele relacionarse con fracturas abiertas, donde la exposición al medio externo y la pérdida del hematoma fracturario inicial incrementan de manera importante la probabilidad de pseudoartrosis (9,10). La pseudoartrosis genera invalidez prolongada, cirugías

reconstructivas complejas e incrementa de manera exponencial los costos para los sistemas de salud en entornos socioeconómicos deficientes (11,12).

En el Perú, el Hospital Nacional Cayetano Heredia actúa como un centro hospitalario de alta complejidad que recibe una alta densidad de patología traumática. A pesar del volumen de casos atendidos, la definición precisa de las variables biomecánicas propias a la lesión original en pacientes que desarrollan pseudoartrosis sigue siendo un área que requiere evaluación sistemática local. Comprender que el tipo de trazo, la severidad del trauma y la conminación influyen en el proceso de consolidación ósea permitirá optimizar las decisiones quirúrgicas y de inmovilización en las etapas iniciales del tratamiento.

Frente a la necesidad de esclarecer estos aspectos en la población atendida, se formula la siguiente interrogante de investigación: **¿Cuáles son los factores mecánicos asociados a pseudoartrosis en fracturas de diáfisis de húmero de pacientes atendidos en el Hospital Nacional Cayetano Heredia en el período de julio 2025 a junio 2026?**

La elaboración del presente proyecto se justifica en el plano clínico e institucional debido a que la identificación precoz de los factores biomecánicos de riesgo facilitará la estratificación de los pacientes con riesgo alto de pseudoartrosis. Esto brindará sustento para la toma de decisiones terapéuticas más oportunas desde el abordaje inicial, optimizando el uso de recursos hospitalarios y reduciendo la morbilidad asociada a la pseudoartrosis diafisaria de húmero en el principal centro asistencial de Lima Norte.

3. OBJETIVOS

Objetivo general:

Determinar los factores mecánicos asociados a pseudoartrosis en fracturas de diáfisis de húmero de pacientes atendidos en el Hospital Nacional Cayetano Heredia en el período de julio 2025 a junio 2026.

Objetivos específicos:

- Determinar la exposición del foco de fractura (fractura abierta) como factor mecánico asociado a la pseudoartrosis diafisaria de húmero.
- Estimar la asociación entre el patrón de trazo de fractura (fractura transversa) y la pseudoartrosis en fracturas de la diáfisis humeral.
- Determinar la influencia del traumatismo de alta energía en la ocurrencia de pseudoartrosis en fracturas de diáfisis de húmero.
- Analizar la presencia de conminución ósea como factor mecánico predisponente a la pseudoartrosis en fracturas de diáfisis de húmero.

4. MATERIALES Y MÉTODOS**a) Diseño del estudio:**

Se trata de un estudio analítico, observacional, bajo un diseño de casos y controles. Asimismo, de carácter retrospectivo en lo que respecta a la temporalidad de la recolección de los datos.

b) Población:

La población de estudio comprende a la totalidad de pacientes diagnosticados con fractura de diáfisis de húmero que fueron sometidos a osteosíntesis, que

corresponden aproximadamente a 130 atendidos en el Servicio de Ortopedia y Traumatología del Hospital Nacional Cayetano Heredia durante el intervalo comprendido entre julio de 2025 y junio de 2026.

c) Muestra:

Unidad de análisis

Cada uno de los pacientes intervenidos quirúrgicamente por fractura diafisaria de húmero.

Unidad de muestreo

Cada una de las historias clínicas y registros de imágenes radiológicas y/o tomográficas de los pacientes.

Tamaño muestral (Anexo N°01)

Se determinó mediante la fórmula de comparación de dos proporciones para estudios de casos y controles independientes, considerando un nivel de confianza del 95% ($Z_{\alpha/2}=1.96$) y una potencia estadística del 80% ($Z_{\beta} = 0.84$) (13). Con base en los antecedentes bibliográficos, se consideró una proporción de exposición en los casos de $P1 = 0.58$ y en los controles de $P2 = 0.23$ (14).

El cálculo arrojó un valor de 30 pacientes por grupo, es decir, el tamaño muestral final requerido es de 30 casos y 30 controles (muestra total $n = 60$ pacientes), seleccionados a partir del marco poblacional disponible.

Técnica de muestreo y selección:

Debido al diseño de casos y controles y a la baja frecuencia de la complicación en el universo poblacional disponible, la selección de la muestra se realizará de manera diferenciada para cada grupo. Casos: Se empleará un muestreo no probabilístico de tipo censal (exhaustivo), se incluirá al 100% de los pacientes que hayan desarrollado pseudoartrosis diafisaria de húmero durante el periodo de estudio y que cumplan de forma estricta con los criterios de selección, hasta completar o superar el tamaño muestral mínimo establecido ($n = 30$). Controles: Se empleará un muestreo probabilístico aleatorio simple. A partir del marco muestral constituido por el listado de pacientes operados que lograron consolidación ósea satisfactoria en el mismo periodo, se seleccionarán los controles mediante la generación de números aleatorios en SPSS v.30.0 en una proporción 1:1 respecto a los casos ($n = 30$).

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Criterios de inclusión (CASOS):

- Pacientes con pseudoartrosis diafisaria de húmero.
- Edad mayor o igual a 15 años al momento de la evaluación.
- Individuos de cualquier sexo.
- Pacientes con historias clínicas completas.
- Disponibilidad de estudios de imagen (radiografía simple y/o tomografía computarizada multicorte) consignados en el sistema informático institucional.

Criterios de inclusión (CONTROLES):

- Pacientes sin pseudoartrosis diafisaria de húmero.

- Edad mayor o igual a 15 años al momento de la evaluación.
- Individuos de cualquier sexo.
- Pacientes con historias clínicas completas.
- Disponibilidad de estudios de imagen (radiografía simple y/o tomografía computarizada multicorte) consignados en el sistema informático institucional.

Criterios de exclusión

- Pacientes con fractura diafisaria de húmero de presentación bilateral.
- Pacientes con antecedente de fractura diafisaria de húmero.
- Pacientes con diagnóstico de enfermedad neoplásica maligna en estadio avanzado o terminal.
- Pacientes con diagnóstico de diabetes mellitus descompensada.

d) Definición operacional de variables:

Variable	Tipo de Variable	Escala de Medición	Definición Operacional	Forma de Registro
Pseudoartrosis	Dependiente	Cualitativa Nominal Dicotómica	Ausencia de consolidación ósea tras 6 meses del trauma inicial o sin signos de	1 = Sí 2 = No

Variable	Tipo de Variable	Escala de Medición	Definición Operacional	Forma de Registro
			progresión radiológica en 3 meses consecutivos.	
Fractura abierta	Independiente	Cualitativa Nominal Dicotómica	Solución de continuidad ósea con comunicación directa hacia el medio exterior a través de una herida cutánea.	1 = Sí 2 = No
Fractura transversa	Independiente	Cualitativa Nominal Dicotómica	Trazo de fractura con una inclinación perpendicular (menor o igual a 30°) respecto al	1 = Sí 2 = No

Variable	Tipo de Variable	Escala de Medición	Definición Operacional	Forma de Registro
			eje longitudinal de la diáfisis.	
Mecanismo de alta energía	Independiente	Cualitativa Nominal Dicotómica	Evento traumático secundario a fuerzas cinéticas severas (accidentes de tránsito, caídas de altura >2 metros, aplastamientos).	1 = Sí 2 = No
Conminución ósea	Independiente	Cualitativa Nominal Dicotómica	Presencia de tres o más fragmentos óseos independientes	1 = Sí 2 = No

Variable	Tipo de Variable	Escala de Medición	Definición Operacional	Forma de Registro
			en el foco de fractura.	
Edad	Covariable	Cuantitativa De Razón	Tiempo transcurrido expresado en años cumplidos al momento de la evaluación.	Años cumplidos
Sexo	Covariable	Cualitativa Nominal Dicotómica	Característica fenotípica genéticamente determinada del paciente.	1 = Masculino 2 = Femenino

e) Técnicas y procedimientos:

La recolección de información se efectuará mediante la revisión sistemática de las historias clínicas y los registros digitales del Servicio de Ortopedia y Traumatología

del Hospital Nacional Cayetano Heredia. La fuente primaria de información corresponde al sistema informático propio de la institución, estructurado jerárquicamente en carpetas cronológicas por año y mes. Dichas unidades contienen subarchivos con registros fotográficos de partes blandas y lesiones, proyecciones radiográficas, reconstrucciones de tomografía computarizada y expedientes clínicos digitales de los pacientes atendidos entre julio de 2025 y junio de 2026. Se seleccionará la totalidad de los casos mediante censo y los controles mediante muestreo aleatorio simple, además que satisfagan los criterios de inclusión y no presenten criterios de exclusión. Los datos obtenidos de las fuentes físicas y digitales serán registrados directamente en la Ficha de Recolección de Datos (Anexo N°02).

f) Aspectos éticos del estudio:

El proyecto de investigación será remitido para su revisión, evaluación y eventual aprobación formal por parte del Comité Institucional de Ética en Investigación (CIEI) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH) previo al inicio del procesamiento de datos.

Por la naturaleza del estudio, basada principalmente en la evaluación de fuentes de información institucional (historias clínicas y archivos de imágenes digitales), no se requerirá la firma de un consentimiento informado individual. No obstante, se garantizará estrictamente la confidencialidad de la identidad de los pacientes mediante la codificación anónima de cada registro, respetando en todo momento los principios éticos internacionales dictados en la Declaración de Helsinki.

g) Plan de análisis:

Los datos recolectados mediante las fichas correspondientes serán verificados de forma manual para evitar duplicidades o inconsistencias. Posteriormente, la información será codificada e ingresada a una base de datos digital para su almacenamiento y procesamiento automatizado.

Se empleará el programa estadístico SPSS para Windows versión 30.0, complementado con Microsoft Excel para la tabulación de la información en tablas simples y cuadros de doble entrada y Microsoft Word para la presentación final de los textos.

Se realizará el test de Chi-cuadrado para establecer una relación entre las variables cualitativas. Las asociaciones se considerarán significativas si la probabilidad de error es menor al 5% ($p < 0.05$). Se calcularán los *odds ratios* con sus respectivos intervalos de confianza del 95%.

5) REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brinker MR, O'Connor DP. Exchange nailing for humeral shaft nonunions: absolute and relative indications. J Orthop Trauma. 2021;35(4):180-6.
2. Zura R, Mehta S, Della Rocca GJ, Steen RG. Biological risk factors for nonunion of fractures in standard load-bearing bones. Injury. 2022;53(3):1025-31.
3. Denisiuk M, Afsari A. Humeral shaft fractures nonunion: etiology, evaluation, and management options. Orthop Clin North Am. 2021;52(3):233-47.
4. Schumaier AP, Galvin JW, Konda SR, Egol KA. Nonunion of the humeral shaft: a modern approach to operative treatment. J Am Acad Orthop Surg. 2022;30(11):789-98.

5. Mills LA, Simpson AH. Factors affecting fracture healing: a review of the mechanical and biological aspects of nonunion. *Bone Joint Res.* 2023;12(2):112-20.
6. Oliver WM, Molyneux SG, White TO, Clement ND, Duckett AC, Keating JF. Fracture pattern and biomechanical instability as predictors of nonunion in humeral shaft fractures. *Bone Joint J.* 2024;106-B(1):67-75.
7. Ozturk AM, Kocaoglu B. Biomechanical risk factors leading to nonunion in long bone diaphyseal fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2022;56(5):301-8.
8. Rupp M, Biehl C, Budak M, Thormann U, Heiss C, Alt V. Diaphyseal long bone nonunions: types, etiology, and epidemiology. *Monatsschr Unfallh.* 2021;124(8):594-603.
9. Metsemakers RE, Moriarty TF, Nijs S, Pape HC. Open fractures and soft tissue injury: impact on bone healing and nonunion rates. *Injury.* 2023;54(2):410-8.
10. Giannoudis PV, Jones E, Einhorn TA. Fracture healing and nonunion: the importance of biomechanical and biological environments. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2022;10(6):445-56.
11. Tornetta P 3rd, Ricci WM, Ostrum RF. Complications in humeral shaft fracture fixation: mechanical failure and nonunion prevention. *J Orthop Res.* 2024;42(1):45-54.
12. Hak DJ, Fitzpatrick D, Bishop JA. Biomechanical stability and surgical approach for humeral nonunion: a systematic review. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2023;143(9):5501-11.
13. Kleinbaum DG. *Statistics in the health sciences: survival analysis.* New York: Springer-Verlag; 2012. p. 78.
14. Makaram S. Risk factors associated with delayed and aseptic nonunion following humerus diaphyseal fractures managed with intramedullary nailing. *Bone Jt Open.* 2021;2(4):227-35.

6) PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA

PRESUPUESTO

MATERIAL O SERVICIO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Servicio de fotocopias	200	S/ 0.10	S/ 20.00
Impresiones	300	S/ 0.20	S/ 60.00
Útiles de escritorio	7	S/ 2.00	S/ 14.00
Encuadernación	3	S/ 20.00	S/ 60.00
Movilidad	50	S/ 2.00	S/ 100.00
TOTAL			S/ 254.00

CRONOGRAMA

ETAPAS	INDICADORES	DURACIÓN
Etapa I	Planificación y elaboración del proyecto	01/03/2026 – 30/06/2026
Etapa II	Presentación y aprobación del proyecto	01/07/2026 – 30/09/2026
Etapa III	Recolección de datos	01/01/2027 – 31/01/2027
Etapa IV	Procesamiento y análisis	01/02/2027 – 28/02/2027
Etapa V	Elaboración del informe final	01/03/2027 – 31/03/2027

7) ANEXOS

ANEXO N°01

CÁLCULO DEL TAMAÑO MUESTRAL

Se utilizó la fórmula estadística para comparaciones de 2 proporciones (13):

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 (p1.q1 + p2.q2)}{(p1 - p2)^2}$$

Nivel de confianza del 95% : $Z_{\alpha/2} = 1.96$

Potencia estadística del 80%: $Z_{\beta} = 0.84$

Proporción de exposición en los casos $P_1 = 0.58$ (ref.14): $q_1 = 1 - 0.58 = 0.42$

Proporción de exposición en los controles $P_2 = 0.23$ (ref.14): $q_2 = 1 - 0.23 = 0.77$

Cálculo de n por grupo : $n = \frac{3.6309}{0.1225} = 29.64 \approx 30$ pacientes.

Casos (pseudoartrosis): 30 pacientes / Controles (no pseudoartrosis): 30 pacientes/

Muestra total = 60 pacientes

ANEXO N°02

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

N° de ficha:

Fecha:/...../.....

I. DATOS GENERALES:

1.1 Edad: _____ años

1.2 Sexo: Masculino () Femenino ()

II: VARIABLE DEPENDIENTE:

Pseudoartrosis: Sí () No ()

III: VARIABLES INDEPENDIENTES:

Fractura abierta: Sí () No ()

Fractura transversa: Sí () No ()

Mecanismo de alta energía: Sí () No ()

Conminución ósea: Sí () No ()