

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO



**ANÁLISIS DE COSTO EFECTIVIDAD DEL USO DE LA PLACA DE COMPRESIÓN
DINÁMICA VERSUS CLAVO INTRAMEDULAR BLOQUEADO PARA LA FRACTURA
PROXIMAL DE HUMERO EN ADULTOS EN COLOMBIA**

Artículo de investigación científica

ADRIANA LIZETH LEON ORTIZ
CLARA MELISA RUBIO LEON
FELIPE ANDRES POLANIA MEJIA

Bogotá

2020

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO



**ANÁLISIS DE COSTO EFECTIVIDAD DEL USO DE LA PLACA DE COMPRESIÓN
DINÁMICA VERSUS CLAVO INTRAMEDULAR BLOQUEADO PARA LA FRACTURA
PROXIMAL DE HUMERO EN ADULTOS EN COLOMBIA**

Artículo de investigación científica

ADRIANA LIZETH LEON ORTIZ
CLARA MELISA RUBIO LEON
FELIPE ANDRES POLANIA MEJIA

Tutor.

LUIS CARLOS ROJAS URIBE

Maestría en Administración en Salud

Bogotá

2020

Declaración de autonomía

“Declaramos bajo gravedad de juramento, que hemos escrito el presente tesis de maestría por nuestra propia cuenta, y que por lo tanto, su contenido es original. Declaramos que hemos indicado clara y precisamente todas las fuentes directas e indirectas de información, y que este tesis de maestría no ha sido entregado a ninguna otra institución con fines de calificación o publicación”.

Nombre(s):Adriana Lizeth León Ortiz
Clara Melisa Rubio Leon
Felipe Andres Polania Mejia
Fecha: 17 de Febrero de 2020

Declaración de exoneración de responsabilidad

“Declaramos que la responsabilidad intelectual del presente trabajo es exclusivamente de sus autores. La Universidad del Rosario no se hace responsable de contenidos, opiniones o ideologías expresadas total o parcialmente en él”.

Nombre(s):Adriana Lizeth León Ortiz
Clara Melisa Rubio Leon
Felipe Andres Polania Mejia
Fecha: 17 de Febrero de 2020

Título: ANÁLISIS DE COSTO EFECTIVIDAD DEL USO DE LA PLACA DE COMPRESIÓN DINÁMICA VERSUS CLAVO INTRAMEDULAR BLOQUEADO PARA LA FRACTURA PROXIMAL DE HUMERO EN ADULTOS EN COLOMBIA

Autores: Felipe Polania*[&]; Melisa Rubio**; Adriana León***

Afiliación:

*Administrador de empresas. Estudiante Maestría Administración en Salud. Universidad El Rosario. Bogotá D.C. Colombia. [&] Autor correspondiente: Calle 59 # 6ª – 38. Barrio Limonar. Ibagué – Tolima Cel: 3204960462 felipe.polania.m@gmail.com

**Enfermera. Estudiante Maestría Administración en Salud. Universidad El Rosario. Bogotá D.C. Colombia. melisarubio08@gmail.com

***Médica. Estudiante Maestría Administración en Salud. Universidad El Rosario. Bogotá D.C. Colombia. adrianaleon90@hotmail.com

Palabras Claves: costo-efectividad, placa de compresión dinámica, clavo intramedular bloqueado, ortopedia, humero proximal, Colombia.

Resumen:

Las fracturas proximales de húmero corresponden al 5% de las fracturas en adultos mayores. La fijación a través de la placa de compresión dinámica es el tratamiento quirúrgico más común, pero se asocia con altas tasas de complicaciones. Los clavos intramedulares bloqueados se convierten en una alternativa atractiva de tratamiento; sin embargo, su efectividad no es aún clara. Buscando alimentar el proceso de toma de decisiones en la definición del mejor tratamiento disponible en Colombia, se realizó la evaluación económica de costo-efectividad (ACE) del uso del clavo intramedular bloqueado, en comparación con las placas de compresión dinámica, para el manejo quirúrgico de la fractura proximal del húmero, en población adulta colombiana, desde la perspectiva del tercer pagador. Los costos y los resultados en salud fueron obtenidos a partir de fuentes secundarias y entrevistas a proveedores de tecnología médica. La medida de efectividad usada fue la consolidación de la fractura. La moneda empleada fue el peso colombiano. La RCEI estimada fue de \$55.43 millones de pesos colombianos por cada punto en el porcentaje de fracturas consolidadas. La curva de aceptabilidad expresa que la intervención del clavo bloqueado intramedular tiene más de 70% de probabilidades de ser costo-efectiva, a partir de \approx \$300 millones de pesos colombianos. La toma de decisiones acerca de la opción a escoger no es tan evidente y, por consiguiente, la alternativa a elegir puede depender de una RCEI más baja que la disponibilidad a pagar, en el momento de la toma de la decisión.

Introducción:

Las fracturas proximales de húmero corresponden al 5% de las fracturas en adultos mayores,^{(1) (2)} ⁽³⁾ y representan el 45% de las fracturas humerales.⁽²⁾ Sus causas más frecuentes en la población colombiana se deben a traumas directos o indirectos, caídas desde su propia altura, accidentes de tránsito, o heridas por armas de fuego;⁽⁴⁾ presentándose con mayor frecuencia en mujeres mayores de 50 años.⁽⁵⁾ Alrededor del 80% son fracturas no desplazadas o mínimamente desplazadas y pueden tratarse de forma conservadora.^{(5) (1)} Por otro lado, las fracturas del húmero proximal desplazadas suelen tratarse quirúrgicamente para lograr una función satisfactoria;⁽¹⁾ sin embargo, el procedimiento no ha demostrado resultados satisfactorios de manera consistente.^{(6) (7)} ⁽⁸⁾

La fijación a través de la placa compresión dinámica es el tratamiento quirúrgico más común de estas fracturas,^{(1) (9)} pero se asocia con tasas altas de complicaciones,^{(10) (11)} especialmente en adultos mayores con una baja calidad en su consistencia ósea.⁽⁶⁾ Los clavos intramedulares se convierten en una alternativa atractiva de tratamiento,^{(12) (13)} debido a las ventajas biomecánicas superiores, incluida una mayor rigidez para la extensión y la carga torsional.^{(14) (15)} Aun así, como todo manejo quirúrgico conllevan riesgo de falla mecánica y de complicaciones con la posición en varo de la cabeza humeral, mala unión y necrosis vascular, siendo lo anterior secundario a fuerzas complejas, a la adherencia de tendones a trazos de fractura y a la baja calidad ósea.^{(5) (16)} ⁽¹⁷⁾ Presentado una alta tasa de complicaciones mayores en fracturas de tres o más partes; obteniéndose resultados más confiables para pacientes con fracturas de dos partes.^{(18) (19)} Varios estudios en el campo concluyen la necesidad de llevar a cabo estudios clínicos aleatorizados con

tamaños de muestra robustos, en los que se logre identificar con mayor precisión estadísticas las ventajas de una intervención sobre la otra.^{(20) (21)}

En Colombia, como en otros países de economías emergentes, no se cuenta con guías de práctica clínica para el manejo de fracturas de húmero proximal en el adulto. Al no contarse con criterios que unifiquen la toma de decisiones clínicas basadas en recomendaciones sustentadas con la mejor evidencia existe una considerable variación en los patrones de tratamiento.^{(2) (22)}

Buscando alimentar el proceso de toma de decisiones en la definición del mejor tratamiento disponible para la fractura proximal de humero en adultos en Colombia,^{(23) (24)} se realizó una evaluación económica para comparar el costo-efectividad entre el uso del clavo intramedular bloqueado y las placas de compresión dinámica, para el manejo quirúrgico de la fractura proximal del húmero, en la población adulta colombiana, desde la perspectiva del tercer pagador.

Materiales y Métodos:

Diseño del estudio

Análisis de costo-efectividad (ACE)^{(25) (26)} del uso del clavo intramedular bloqueado, en comparación con las placas de compresión dinámica, para el manejo quirúrgico de la fractura proximal del húmero en adultos (50 años o más) colombianos. La perspectiva empleada fue la del pagador de servicios de salud (Empresas Promotoras de Salud –EPS–), con un horizonte temporal de seis meses,⁽⁵⁾ tiempo estimado en la literatura para lograr la consolidación del hueso.⁽¹⁷⁾ Los costos y los resultados en salud fueron obtenidos a partir de fuentes secundarias y entrevistas a proveedores de tecnología médica. La medida de efectividad usada fue la consolidación de la fractura.^{(17) (27)} La moneda empleada fue el peso colombiano. Dada la duración del horizonte

temporal (6 meses), no se aplicó una tasa de descuento común ni los costos o los resultados en salud.^{(25) (28) (29)}

Estructura del modelo

Un árbol de decisiones (Figura 1) fue planteado para la comparación de las dos tecnologías en el manejo de la fractura proximal de húmero. El problema de decisión inicia con la presentación de la lesión, que implica el uso de alguna de las dos alternativas contrastadas. Independientemente de la tecnología empleada, los pacientes ingresan a rehabilitación física, tienen consultas de seguimiento y se les prescriben analgésicos.⁽³⁰⁾ El desenlace esperado por el uso de ambas tecnologías es la consolidación de la fractura.⁽¹⁷⁾ Si en la evaluación subsecuente no se comprueba ésta, se realiza un nuevo procedimiento quirúrgico para la colocación de una placa de compresión dinámica en todos los casos, sin importar qué tecnología se colocó en la primera cirugía.⁽¹⁷⁾

Fuentes de datos

En el Cuadro 1 se presentan los diferentes insumos empleados para estimar el costo por el uso de ambas tecnologías. El costo total de la cirugía fue estimado agregando el promedio del precio de adquisición de ambas tecnologías con el precio de adquisición de antibióticos, el costo unitario por el uso de instalaciones (urgencias, sala quirúrgica, hospitalización), personal médico participante (ortopedista, anestesista, médico cirujano, médico general) y materiales. El precio de adquisición de las tecnologías, se obtuvo mediante la consulta directa con cinco proveedores de materiales de osteosíntesis. El costo unitario por el uso de instalaciones, personal médico y materiales, fue obtenido de la tarifa SOAT para el año 2019 por su consistencia metodológica, y por ser el documento de referencia para fijar el reembolso a las EPS por los procedimientos

conducidos. El precio de adquisición de antibióticos profilácticos fue obtenido del manual tarifario de medicamentos del INVIMA.⁽³¹⁾

El costo total del seguimiento médico fue estimado agregando la consulta médica con la prescripción de analgésicos. El costo unitario de las primeras, fue obtenido de la tarifa SOAT año 2019. En tanto, el precio de adquisición de analgésicos, fue obtenido del manual tarifario de medicamentos. La rehabilitación consistió en doce sesiones de terapia física, cuyo costo unitario se obtuvo de la tarifa SOAT año 2019.

La medida de efectividad (consolidación de la fractura) se obtuvo a partir de un meta-análisis conducido por Sun et al⁽¹⁾.

Análisis de costo-efectividad y sensibilidad

Al resolver el árbol de decisiones, y obtener los valores esperados para el costo total y la efectividad por el uso de ambas tecnologías, se calculó la razón de costo efectividad incremental (RCEI). Ésta representa la razón de la diferencia del costo de la intervención A (placa de compresión dinámica) y la B (clavo intramedular bloqueado), con la diferencia de efectividad de ambas intervenciones.⁽³²⁾

La incertidumbre asociada a la RCEI, como consecuencia de la utilización de múltiples parámetros y fuentes secundarias para su cálculo, fue propagada en un análisis de sensibilidad probabilístico mediante una simulación de Monte Carlo con 5000 iteraciones.^{(33) (34) (35)} Una iteración implica el muestreo aleatorio, a partir de una función de distribución de probabilidad (FDP), del valor de un parámetro empleado en el modelo de estimación y simultáneamente para todos los parámetros modelados. Con cada iteración, se calcula y almacena el resultado de RCEI.

Después, se realiza una nueva iteración, deteniéndose el proceso cuando se ha alcanzado el límite prefijado.

La efectividad del uso de ambas tecnologías fue representada con distribuciones beta, ⁽³⁶⁾ los costos del procedimiento quirúrgico con distribuciones normales, ⁽³⁷⁾ y los costos del seguimiento-rehabilitación se mantuvieron fijos (i.e., ninguna FDP fue utilizada para su representación). Véase Cuadro 2.

Los resultados obtenidos se presentaron gráficamente en el plano de costo-efectividad, consistente en un diagrama de dispersión cuyos puntos representan una iteración de la simulación de Monte Carlo (i.e., cada punto es una RCEI simulada). Idealmente, el gráfico se divide en cuatro cuadrantes: si la RCEI se ubica en el cuadrante Noroeste, la intervención es dominada (i.e., es más costosa y menos efectiva que su comparador); si se ubica en el cuadrante Sureste, la intervención es dominante (i.e., es menos costosa y más efectiva que el comparador) y su implementación puede traer incluso ahorros para el sistema de salud; una RCEI ubicada en el cuadrante Noreste o Suroeste no tiene interpretación inmediata, y la determinación de su costo-efectividad requiere que se compare contra la disponibilidad a pagar definida para intervenciones de salud. Para facilitar esto último, se construyó una curva de aceptabilidad, que representa la probabilidad de encontrar costo-efectiva a la intervención, en relación con la disponibilidad a pagar ^{(5) (6) (7)}

Resultados:

En el cuadro 3, se muestran los resultados del análisis de costo-efectividad. El uso del clavo intramedular bloqueado se estimó en \$7.08 millones de pesos colombianos, con una efectividad de 95.5%. En tanto, el costo de la placa de compresión dinámica se estimó en \$7.98 millones de

pesos colombianos, con una efectividad de 97.1%. De esta manera, la RCEI estimada fue de \$55.43 millones de pesos colombianos por cada punto en el porcentaje de fracturas consolidadas. Esto coloca al uso del clavo intramedular bloqueado como una intervención menos costosa y menos efectiva (cuadrante Suroeste), por lo que su costo-efectividad se tiene que analizar en el plano y la curva de aceptabilidad. (Figura 3)

En el plano de costo-efectividad (Figura 2) se confirma que la mayor densidad de RCEI simuladas (más del 50%) se encuentra en el cuadrante Suroeste, alrededor del 20% denota una intervención dominada, alrededor del 18% denota una intervención dominante, y el resto se encuentra en el cuadrante Noreste. La curva de aceptabilidad expresa que la intervención del clavo bloqueado intramedular tiene más de 70% de probabilidades de ser costo-efectiva, a partir de \approx \$300 millones de pesos colombianos. (38) Es decir, si la disponibilidad de pagar por la intervención es \approx \$300 millones de pesos colombianos o más esta será costo-efectiva, pero si la disponibilidad es menor el uso del clavo intramedular bloqueado dejaría de serlo.

Discusión:

Una nueva intervención se considera costo efectiva si los beneficios en salud de la una intervención X son mayores que los beneficios en salud perdidos como consecuencia del desplazamiento de una intervenciones Y, o en otras palabras, si la RCEI $< \lambda$.^{(39) (40) (41)} Para este caso, el uso del clavo intramedular bloqueado, a nivel local, se ubica en el plano de una intervención menos efectiva y, a la vez, menos costosa, a diferencia de la placa de compresión dinámica, por lo que la toma de decisiones acerca de la opción a escoger, no es tan evidente. Por consiguiente, la alternativa a elegir puede depender de su efectividad y de la disponibilidad a pagar por ella. Sin olvidar otros factores que llegan a influir la decisión quirúrgica, como la edad,

la calidad ósea, el nivel de habilidad del cirujano, las comorbilidades médicas y el cumplimiento del paciente.⁽¹⁸⁾⁽⁴²⁾

En Colombia, aún no se cuenta con una estimación empírica del umbral de costo-efectividad y su estimación es objeto de numerosas discusiones teóricas y metodológicas. En estos casos, la Organización Mundial de la Salud –OMS– propone que, si una tecnología tiene una RCEI por debajo del Producto Interno Bruto –PIB– per cápita por años de vida ajustados por discapacidad (AVAD), es altamente costo-efectiva. Si la misma está entre uno y dos PIB/AVAD evitado es costo-efectiva y si es mayor a tres PIB/AVAD no es costo-efectiva⁽⁴³⁾. Según el DANE el PIB 2018 de Colombia fue de 978.477 miles de millones de pesos, a precio corriente.⁽⁴⁴⁾ Sin embargo, el calcula tanto de AVAD como de los años de vida ajustados por calidad (AVAC) que son medidas compuestas por un índice de calidad de vida que permite ajustar el tiempo en un determinado estado de salud, no fueron posibles de obtener para este estudio, los AVAC tienen como propósito aproximarse al cálculo de preferencias por estados de salud, por lo que idealmente deben ser obtenidas de una muestra poblacional representativa o de interés para la investigación;⁽²⁵⁾ las ponderaciones de los AVAD, por su parte, son obtenidas mediante un consenso de expertos, el cual incluyen un ajuste por edad, que implica, considerar “más valiosas” las pérdidas por discapacidad en personas de mediana edad⁽²⁵⁾ Los cuales para Colombia no han sido calculados. Por otro lado, dado que la fractura de húmero no se considera un padecimiento de alto costo y presenta baja prevalencia, 5% de las fracturas en esta población.⁽²⁾ los umbrales de disposición a pagar, propuestos por la OMS, se pueden considerar de poca utilidad para la toma de decisión.

Por lo anterior, se seleccionó la consolidación como la medida de desenlace, respondiendo a los tres principios de selección: en primer lugar, es la condición apropiada para resolver el problema

de decisión; es decir, que captura el cambio en la salud atribuible a la intervención; en segundo lugar, esta medida capturar el impacto tanto en la duración como en la calidad de vida; y es generalizable para todas las condiciones ortopédicas que requiere una intervención de este tipo.

(25)

En la actualidad, podemos identificar que, a pesar de las investigaciones realizadas, siguen existiendo controversias sobre cuáles son las mejores intervenciones respecto al tratamiento más costo-efectivo en el manejo de la fractura proximal de húmero en adultos. La literatura muestra que las intervenciones terapéuticas para el manejo de la fractura proximal de húmero en adultos pueden estar relacionadas con eventos adversos; la mayoría de manejos quirúrgicos conllevan riesgo de falla mecánica y de complicaciones con la posición en varo de la cabeza humeral, mala unión y necrosis avascular, lo anterior secundario a fuerzas complejas, a la adherencia de tendones a trazos de fractura y a la calidad ósea, reportadas en 10%.⁽⁵⁾ Esto puede influir, de modo importante, en la calidad de vida de los pacientes y en los costos para el Sistema General de Seguridad Social en Salud – SGSSS-. Por ello resulta importante tenerlos en cuenta, al momento de diseñar un modelo analítico de decisión, sin embargo, la falta de estudios locales que evidenciaran la probabilidad del riesgo de eventos adversos no permitió su inclusión en este estudio.

Este es el primer ejercicio de modelación del costo-efectividad del manejo quirúrgico con clavo bloqueado intramedular, en contraparte a la placa de compresión dinámica para el contexto colombiano. Los resultados pueden informar con más precisión la toma de decisiones sobre estas tecnologías, dado que el problema de decisión fue representado mediante una micro-simulación de los pacientes en ambos brazos del árbol.

Ante la ausencia de un registro de pacientes de traumatología en el país donde se consignen los costos de atención, el costo total de ambas intervenciones fue estimado a partir del reporte de proveedores y de otras fuentes secundarias oficiales. El uso de los precios de adquisición reportados por la muestra de proveedores de materiales de osteosíntesis consultados, puede haber introducido sesgos en la estimación del costo total, lo que puede haber influenciado los resultados obtenidos. Sin embargo, los proveedores consultados tienen la mayor participación en el mercado de estos insumos. Así, los precios reportados podrían denotar la dispersión real de los precios. Esta dispersión de precios, y consecuentemente de los costos totales de atención, se representó con un análisis de sensibilidad probabilístico.⁽⁴⁵⁾ (véase sección de Métodos).

Dada la escasa evidencia científica disponible que soportará estudios de costo-efectividad de las dos tecnologías en los casos en estudio, y la imposibilidad de realizar una investigación experimental - epidemiológica analíticas, no fue posible generar análisis de sub-grupos específicos pertinentes, o incluso proponer un modelo más ambicioso, resuelto con cadenas de Markov,⁽⁴⁶⁾ una cadena es un proceso en tiempo discreto en el que una variable aleatoria X_n va cambiando con el paso del tiempo. Las cadenas de Markov tienen la propiedad de que la probabilidad de que $X_n = j$ sólo depende del estado inmediatamente anterior del sistema: X_{n-1} ⁽⁴⁷⁾ o Simulación de Eventos Discretos,⁽⁴⁸⁾ donde las variables de estado cambia instantáneamente de valor en ciertos instantes de tiempo; como se tenía estipulado al inicio del estudio. Este vacío de evidencia abre la oportunidad a grupos de investigación y sociedades científicas para generar evidencia útil que impacte en la atención en salud de la población colombiana. No sin antes traer a la mesa otros tipos de intervenciones que han demostrado mejores resultados en pacientes adultos, es así como la artroplastia tiene cada vez más utilizado para manejar estas fracturas complejas en pacientes de edad avanzada que tienen bajas demandas funcionales.⁽⁴⁹⁾⁽⁵⁰⁾

Conclusiones:

Al evaluar el costo-efectividad de las opciones terapéuticas propuestas en esta investigación para la fractura de húmero proximal en adultos, tanto para la placa de compresión dinámica como para el clavo intramedular bloqueado, el análisis probabilístico arrojó un 70% de probabilidades de costo-efectividad para cierto umbral de disponibilidad a pagar. Basados en la baja disponibilidad de información, podemos concluir que el clavo intramedular bloqueado resultó una tecnología menos costosa y menos efectiva, por lo que su elección debe ser tomada de acuerdo a la disponibilidad a pagar del tercer pagador. Sin embargo, será difícil establecer una disponibilidad a pagar para estas intervenciones con medidas intermedias de efectividad, por lo que es necesario determinar cuidadosamente cómo se asocia con medidas finales. Este vacío de evidencia, abre la oportunidad a grupos de investigación y sociedades científicas para generar evidencia útil que impacte en la atención en salud de la población colombiana.

Bibliografía

1. Qi Sun, Wei Ge, Gen Li, Jiezhou Wu, Guanghua Lu, Ming Cai, Shaohua Li. *Locking plates versus intramedullary nails in the management of displaced proximal humeral fractures: a systematic review and meta-analysis*. 2018, International Orthopaedics (SICOT), Vol. 42, págs. 641–650
2. Núñez-Gómez DA, Hernández-Álvarez B, Pérez-Atanasio JM, Torres-González R, Águila-Ledesma IR. *Patrón de tratamiento en pacientes adultos mayores con fractura de húmero proximal en tres o cuatro fragmentos en un centro de referencia de una economía emergente*. 2015, Acta Ortopédica Mexicana, Vol. 29, págs. 207-21.
3. Georg Osterhof, Nathan N. O'Hara, Jennifer D'Cruz, Nick Bansback, Nathan Evaniew, Gerard P. Slobogean. *A Cost-Effectiveness Analysis of Reverse Total Shoulder Arthroplasty versus Hemiarthroplasty for the Management of Complex Proximal Humeral Fractures in the Elderly*. 2017, Value in Health, Vol. 20, págs. 404 – 411.
4. Merchán-Galvis, AM, y otros. *Tratamiento de las fracturas diafisarias de húmero: estudio observacional*. 2018, Revista Facultad Ciencias de la Salud, Vol. 20.
5. Arroyo-Sánchez, C. A. *Osteosíntesis con placa bloqueada y técnica de mínima invasión para las fracturas de húmero proximal*. 2017, Acta Ortopédica Mexicana, Vol. 31, págs. 18-23.

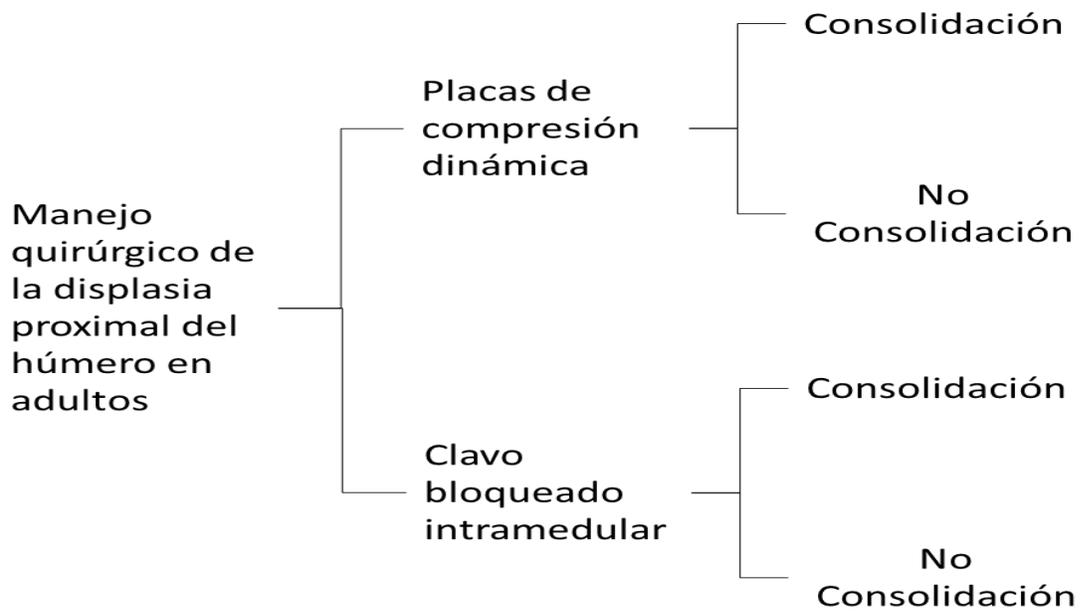
6. Resch, Herbert. Proximal humeral fractures: current controversies. 2011, *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, Vol. 20, 5 págs. 827–832.
7. P.M.Rommensa, R.Kuechlea, Th.Borda, T.Lewensa, R.Engelmannb, J.Blumc. *Humeral nailing revisited*. 2008, *Injury*, Vol. 39, 12 págs. 1319-1328.
8. V. Ulian, N. Mazzer, C.H. Barbieri, C.A. Moro, LAAAd Oliveira. *Primary stabilization of humeral shaft fractures: an experimental study of different osteosynthesis methods*. 2008, *Acta Ortopedica Brasileira*, Vol. 16, 1 págs. 8-12.
9. Sun JC, Li YL, Ning GZ, Wu Q, Feng SQ. *Treatment of three- and four-part proximal humeral fractures with locking proximal humerus plate*. 2013, *Eur J Orthop Surg Traumatol* , Vol. 23,6 págs. 699–704.
10. Sudkamp N, Bayer J,HeppP, Voigt C,OesternH,KaabM, LuoC, Plecko M, Wendt K, Kostler W, Konrad G. *Open reduction and internal fixation of proximal humeral fractures with use of the locking proximal humerus plate. Results of a prospective, multicenter, observational study*. 2009, *J Bone Jt Surg Am*, Vol. 91,6 págs. 1320–1328.
11. *J Shoulder Elbow Surg*. Thanasas C, Kontakis G, Angoules A, Limb D, Giannoudis P. 6, 2009, *Treatment of proximal humerus fractures with locking plates: a systematic review*. Vol. 18, págs. 837– 844.
12. Erden T, Kapicioglu M, Demirtas A, Bilsel K, Akpinar F, Kuduz H. *Biomechanical comparison of humeral nails with different distal locking mechanisms: Insafelock nails versus conventional locking nails*. 2019, *Acta Orthop Traumatol Turc*, Vols. S1017-995X, 19 págs. 30378-5.
13. R.V. O'Toole, R.C. Andersen, O. Vesnovsky, et al. *Are locking screws advantageous with plate fixation of humeral shaft fractures? A biomechanical analysis of synthetic and cadaveric bone*. 2008, *J Orthop Trauma*, Vol. 22,10 págs. 709-715.
14. Ban I, Birkelund L, Palm H, Brix M, Troelsen A. *Circumferential wires as a supplement to intramedullary nailing in unstable trochanteric hip fractures: 4 reoperations in 60 patients followed for 1 year*. 2012, *ActaOrthop*, Vol. 83, 3 págs. 240–243.
15. A. Baltov, R. Mihail, E. Dian. *Complications after interlocking intramedullary nailing of humeral shaft fractures*. 2014, *Injury*, Vol. 45,1 págs. S9-S15.
16. Kurup H, , Hossain M y Andrew JG. *Placas de compresión dinámica versus clavo intramedular cerrado para la fractura de diáfisis humeral en adultos*. [En línea] 2011. [Citado el: 30 de Febrero de 2019.]<https://www.cochrane.org/es/CD005959/placas-de-compresion-dinamica-versus-clavo-intramedular-cerrado-para-la-fractura-de-diafisis-humeral>.
17. Maresca, A., Sangiovanni, P., Cerbasi, S. et al. *Why a surgically treated humeral shaft fracture became a nonunion: review of 11 years in two trauma centers*. 2017, *Musculoskelet Surg*, Vol. 101, págs. 105–112.
18. Greiwe. R.M. *Proximal humerus fractures: Percutaneous fixation, proximal humeral nailing, and open reduction and internal fixation*. 2015, Woodhead Publishing Series in Biomaterials, Vol. 1 págs. 83-112.
19. . Peter V Giannoudis, Fragiskos N Xypnitos, Rozalia Dimitriou, Nick Manidakis & Roger Hackney. *Internal fixation of proximal humeral fractures using the Polarus intramedullary nail: our institutional experience and review of the literature*. 2012, *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, Vol. 7. 19.39

20. H. Ouyang, J. Xiong, P. Xiang, Z. Cui, L. Chen, B. Yu. *Plate versus intramedullary nail fixation in the treatment of humeral shaft fractures: an updated meta-analysis*. 2013, *J Shoulder Elbow Surg*, Vol. 22,3 págs. 387-395.
21. M. Walker, B. Palumbo, B. Badman, J. Brooks, J. Van Gelderen, M. Mighell. *Humeral shaft fractures: a review*. 2011, *J Shoulder Elbow Surg*, Vol. 20,5 págs. 833-844.
22. Neumann PJ, Drummond MF, Jönsson B, Luce BR, Schwartz JS, Siebert U, Sullivan SD. Are Key Principles for improved health technology assessment supported and used by health technology assessment organization. International Working Group for HTA Advancement. 2010, *Int J Technol Assess Health Care*, Vol. 26,1 págs. 71-8.
23. Guía Metodológica para la Elaboración de Guías de Atención Integral en el Sistema General de Seguridad Social en Salud Colombiano. Ministerio de Salud y Protección Social, Departamento Administrativo de Ciencia Tecnología e Innovación (Colciencias]. Bogotá D.C. : s.n., 2010.
24. Neumann P, Palmer J, Daniels N, et al. *Panel on Integrating Cost-Effectiveness Considerations into Health Policy Decisions. A Strategic Plan for Integrating Cost-effectiveness Analysis In to the US Healthcare System*. 2008, *Am J Manag Care*, Vol. 14, 4. págs. 185-188.
25. Moreno Viscaya, Mabel, Mejía Mejía, Aurelio y Castro Jaramillo, Héctor Eduardo. *Manual para la elaboración de evaluaciones económicas en salud*. Instituto de Evaluación Tecnológica en Salud – IETS Bogotá D.C. 2014.
26. Gold M, Siegel J, Russell L, et al. *Cost- effectiveness in Health and Medicine*. Oxford University Press. New York. 1996.
27. Robert J Thorsness, James C Iannuzzi, Edward J Shields, Katia Noyes, Ilya Voloshin *Cost-effectiveness of Open Reduction and Internal Fixation Compared With Hemiarthroplasty in the Management of Complex Proximal Humerus Fractures*. 2018, *Journal of Shoulder and Elbow*, Vol. 2, págs. 1–9.
28. Augustovski F, Garay OU, Pichon-Riviere A, Rubinstein A, Caporale JE. *Economic evaluation guidelines in Latin America: a current snapshot*. 2010, *Expert Rev Pharmacoecon Outcomes Res*, Vol. 10, 5. págs. 525-37.
29. Briggs A, Sculpher M, Buxton M. *Uncertainty in the economic evaluation of health care technologies: the role of sensitivity analysis*. 1994, *Health Economics*, Vol. 3, págs. 95-104.
30. Secretaría de Salud Federal, SEDENA, SEMAR. *Diagnóstico y tratamiento de fractura cerrada de húmero proximal en el adulto. Guía de Referencia Rápida*. Ciudad de México. Consejo de Salubridad General.
31. INVIMA. *Manual tarifario - Vigencia 2019*. [En línea] <https://www.invima.gov.co/tarifas>.
32. Blanca Peñaloza, Thomas Leisewitz, Gabriel Bastías, Víctor Zárate, Ruth Depaux, Luis Villarroel y Joaquín Montero. *Metodología para la evaluación de la relación costo-efectividad en centros de atención primaria de Chile*. 2010, *Rev Panam Salud Publica*, Vol. 28. 5
33. Andronis L, Barton P, Bryan S. *Sensitivity analysis in economic evaluation: an audit of NICE current practice and a review of its use and value in decision-making*. 2009, *Health Technol Assess*, Vol. 13. 29.
34. Rodríguez-Aragon, Licesio J. *Simulacion, Metodo de Montecarlo*. 2011.

35. Illana, Jose Ignacio. *Metodos Monte Carlo*. Universidad de Granada, 2013.
36. Edlin, R., McCabe, C., Hulme, C., Hall, P., Wright J. *Cost Effectiveness Modelling for Health Technology Assessment. A Practical Course*. Springer International Publishing, 2015.
37. Briggs, A.H. and Goeree, R. and Blackhouse, G. and O'Brien, B.J. *Probabilistic analysis of cost-effectiveness models: choosing between treatment strategies for gastroesophageal reflux disease*. 2002, *Medical Decision Making*, Vol. 22, 4. págs. 290-308.
38. Baltussen, R. M., Adam, T., Tan-Torres Edejer, T., Hutubessy, R. C., Acharya, A., Evans, D. B. *Making choices in health: WHO guide to cost-effectiveness analysis*. World Health Organization, 2003.
39. Osorio Cuevas, Diana Isabel, y otros. *Análisis de costo-efectividad del uso del Desfibrilador Externo Automático (DEA) comparado*. Instituto de Evaluación Tecnológica en Salud-IETS y Ministerio de Salud y Protección Social, 2014. Reporte N° 100.
40. Arnold RJG. *Pharmacoeconomics. From Theory to Practice*. Boca Raton, Florida : CRC Press, 2010.
41. Drummond, M.F., Sculpher, M. J., Claxton, K., Stoddart, G. L., Torrance GW. *Methods for the Economic Evaluation of Health Care Programmes. 4ta*. Oxford University Press, 2015.
42. Edlin, R., McCabe, C., Hulme, C., Hall, P., Wright J. *Cost Effectiveness Modelling for Health Technology Assessment. A Practical Course*. Capítulo 1. Economic Evaluation, Cost Effectiveness Analysis and Health Care Resource Allocation Springer International Publishing, 2015.
43. Baltussen, R. M., Adam, T., Tan-Torres Edejer, T., Hutubessy, R. C., Acharya, A., Evans, D. B., et al. & World Health Organization. *Making choices in health: WHO guide to cost-effectiveness analysis*. Geneva: World Health Organization, 2003.
44. Departamento Nacional de Estadística. Producto Interno Bruto. PIB. [En línea] 2019. [Citado el: 2019 de Julio de 10.] <https://www.dane.gov.co/index.php/138-espanol/733-pib>.
45. Josep Darbà. *La utilización de métodos probabilísticos para la evaluación económica de tecnologías sanitarias*. 2006, *Gac Sanit Barcelona*, Vol. 20. 1 págs. 74-9
46. N.N. Cadenas de Markov. 10, págs. 102 - 127. [En Línea] https://www.ugr.es/~bioestad/_private/cpfund10.pdf
47. N.N. Cadenas de Markov. [En Línea] <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/PEst/tema4pe.pdf>
48. GA, Sánchez y MM, Ortega. *Introducción a la simulación de sistemas discretos*. 2006.
49. Kontakis G, Koutras C, Tosounidis T, Giannoudis P. *Early management of proximal humeral fractures with hemiarthroplasty: a systematic review*. 2008, *J Bone Joint Surg Br*, Vol. 90, págs. 1407–13.
50. Bufquin T, Hersan A, Hubert L, Massin P. *Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus in the elderly: a prospective review of 43 cases with a shorthumerus in the elderly: a prospective review of 43 cases with a short term follow-up*. 2007, *J Bone Joint Surg Br*. Vol. 89, págs. 516–20.

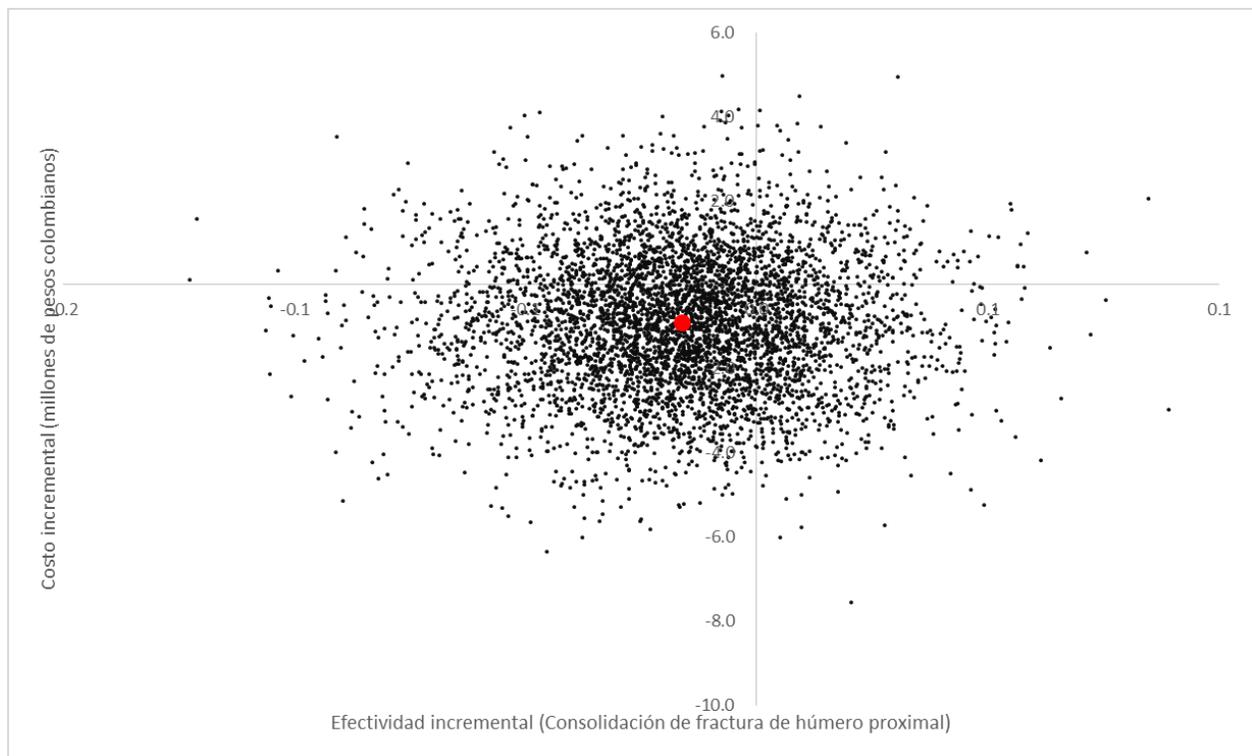
Tablas, Figuras y Cuadros

Figura 1. Representación del problema de decisión



Fuente: Elaborado por los autores.

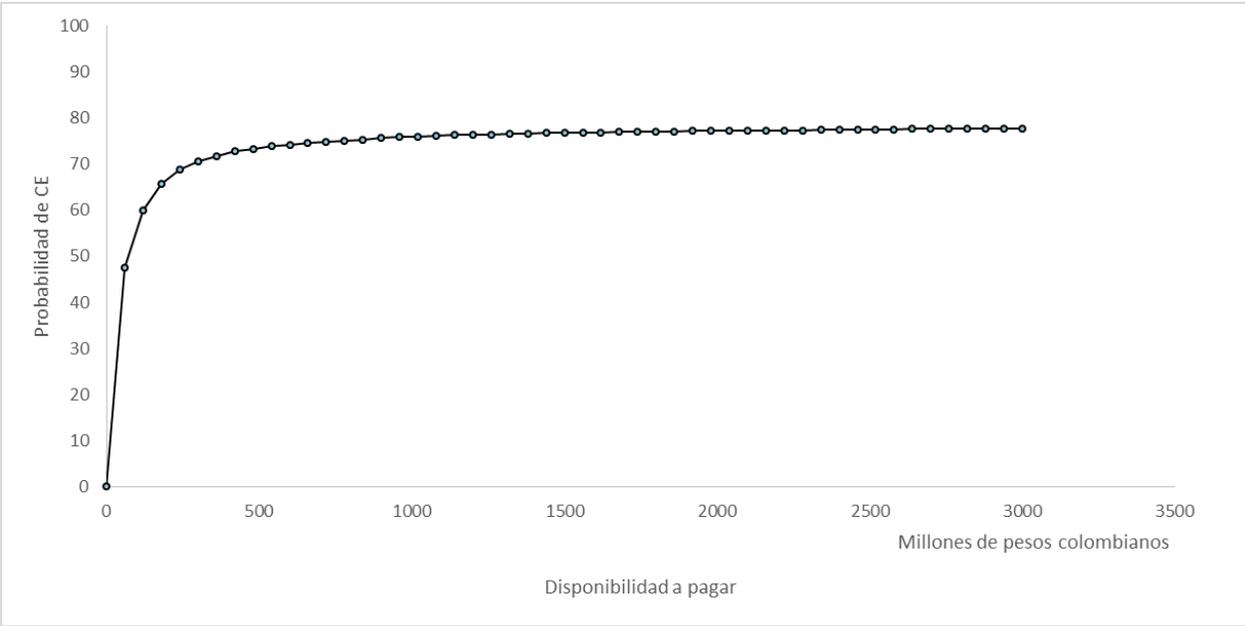
Figura 2. Plano de costo-efectividad* del uso del clavo bloqueado intramedular, en comparación con la placa de compresión dinámica, para el manejo quirúrgico de la fractura proximal de húmero



* En el eje 'x' se grafica la diferencia en la efectividad de las intervenciones. En el eje 'y' se grafica la diferencia en su costo

Nota: El punto rojo representa la ICER promedio, obtenida a partir de los parámetros observados (véase Cuadro 3)

Figura 3. Curva de aceptabilidad de costo-efectividad del uso del clavo bloqueado intramedular, en comparación con la placa de compresión dinámica.



Cuadro 1. Insumos empleados para la estimación del costo del uso de ambas tecnologías

Categoría	Clavo bloqueado intramedular	Placa de compresión dinámica	Fuente
<i>Procedimiento quirúrgico</i>			
Proveedor 1	1.763.691	2.425.145	Consulta a proveedor*
Proveedor 2	3.433.000	3.760.000	Consulta a proveedor*
Proveedor 3	3.023.000	4.067.000	Consulta a proveedor*
Proveedor 4	3.708.000	4.680.000	Consulta a proveedor*
Proveedor 5	4.029.000	6.075.200	Consulta a proveedor*
Sala observación urgencias (24 hs.)			Tarifa SOAT año 2019

	99.400	
Consulta urgencias	54.400	Tarifa SOAT año 2019
Ortopedista (consulta)	52.700	Tarifa SOAT año 2019
Derechos de sala quirúrgica	826.700	Tarifa SOAT año 2019
Anestesista (honorarios)	278.200	Tarifa SOAT año 2019
Médico cirujano (honorarios)	486.400	Tarifa SOAT año 2019
Asistente quirúrgico (honorarios)	133.300	Tarifa SOAT año 2019
Materiales (suturas, curación)	433.900	Tarifa SOAT año 2019
Habitación (1 noche)	304.500	Tarifa SOAT año 2019
Consulta pre anestésica	40.900	Tarifa SOAT año 2019
Antibióticos**	17.144	Tabla de medicamentos
<i>Seguimiento</i>		
Ortopedista (consulta)***		Tarifa SOAT año 2019

158.100

Analgésicos****

435.060

Tabla de medicamentos

Rehabilitación

Terapia física*****

255.600

Tarifa SOAT año 2019

* Proveedor 1: Fijación externa; proveedor 2: Traumasur; proveedor 3: Suplementos médicos; proveedor 4: A&F trauma; proveedor 5: Johnson & Johnson

** (1) Cefazolina: costo unitario (CU)= 3000, 3 dosis; (2) Cefalotina: CU= 2036, 4 dosis

*** Tres consultas

**** (1) Acetaminofén: CU= 144, 540 dosis; (2) Tramadol: CU= 789, 180 dosis; (3) Diclofenaco: CU= 1196, 180 dosis

***** Doce sesiones

Cuadro 2. Parámetros empleados en el análisis de sensibilidad

Parámetro	Promedio (IC95% ó DE)*	Distribución	Fuente
Probabilidad (Pr) de no consolidación de la fractura, dado el uso de clavo bloqueado intramedular	0,045	Beta	Sun et al
Pr de no consolidación de la fractura, dado el uso de placa de compresión dinámica	0,029	Beta	Sun et al
Riesgo relativo de consolidación de fractura proximal del húmero**	0.66 (0.17 - 2.57)	Beta	Sun et al
Costo total del procedimiento quirúrgico (con clavo bloqueado intramedular)	5,918,882 (883,123)	Normal	Estimación propia (véase Cuadro 1)

Costo total del procedimiento quirúrgico (con placa de compresión dinámica)	6,929,013 (1,166,392)	Normal	Estimación propia (véase Cuadro 1)
Costo total del seguimiento***	593.160	-	Estimación propia (véase Cuadro 1)
Costo total de rehabilitación***	255.600	-	Estimación propia (véase Cuadro 1)

* IC95%: Intervalo de confianza al 95%; DE: Desviación estándar

** Numerador: placa de compresión dinámica

*** Se asumió un costo igual para ambas tecnologías

Cuadro 3. Razón de costo-efectividad incremental del clavo bloqueado intramedular, para el manejo quirúrgico de la fractura proximal de húmero

Rubro	Clavo bloqueado intramedular (A)	Placa de compresión dinámica (B)	$DC (CT. A - CT. B)^*$	$DE (Ef. A - Ef. B)^*$	RCEI**
-------	----------------------------------	----------------------------------	------------------------	------------------------	--------

Costo total***	7.079.760	7.977.648	-	-	
Efectividad***	0,955	0,971	897.888	0,016	55.429.008

*CT: costo total; Ef: efectividad

** Razón de costo-efectividad incremental

*** Valores esperados, obtenidos al plegar (roll-back) el árbol de decisiones