

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA



TRABAJO ACADÉMICO:

**“APLICACIONES CLÍNICAS DEL POLIÉTER ÉTER CETONA (PEEK) EN
ODONTOLOGÍA: PROPIEDADES MECÁNICAS Y ADHESIVAS”**

AUTOR

CD. MAG. FLOR DEL CARMEN MENÉNDEZ VALLE

ORCID: 0009-0007-3864-7853

ASESOR

CD. MAG. ESP. YTALA MELÉNDEZ CONDORI

ORCID: 0000-0002-3154-8680

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

SEGUNDA ESPECIALIDAD EN REHABILITACIÓN ORAL

TACNA – PERÚ

2025

DEDICATORIA

Esta investigación la dedico a:

A Dios por haberme permitido llegar a este momento
tan importante de mi formación profesional.

A mi madre, por ser el pilar más importante a lo largo
de mi camino y por su apoyo incondicional.

A mi hijo Matías, por ser mi fuente de motivación e
inspiración en cada meta trazada y como me impulsa
a ser mejor cada día.

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Fior del Carmen Meléndez Valle, en calidad de egresado de la Sección de Segunda Especialidad de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 70460421, declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada:

"Aplicaciones clínicas del Poliéter Éter cetona (PEEK)
en Odontología: Propiedades Mecánicas y Adhesivas"

Asesorada por CD. Mag. Esp. Ytaka Meléndez Condori, la cual presente para optar el: Título Profesional de Segunda Especialidad en Rehabilitación Oral

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, habiéndose respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. La tesis presentada no atenta contra los derechos de terceros.

4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a La Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra.

En consecuencia, me hago responsable frente a La Universidad de cualquier responsabilidad que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello a favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.



DNI: 70460421

Fecha: 04/05/2026

INDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
I. INTRODUCCIÓN	5
II. JUSTIFICACIÓN	7
III. CUERPO DEL TRABAJO	8
3.1 OBJETIVOS	8
3.2 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	8
3.3 MARCO TEÓRICO	15
3.3.1 Biomateriales en odontología.....	15
3.3.2 Polímeros en odontología.....	15
3.3.2.1 Material de base de difusión	16
3.3.2.2 Resinas acrílicas.....	16
3.3.2.3 Resinas termoplásticas	16
3.3.2.4 PMMA modificado.....	17
3.3.3 Otros materiales poliméricos.....	17
3.3.3.1 Polyetheretherketone (PEEK).....	17
3.3.3.2 Propiedades físico mecánicas	19
3.3.3.3 Propiedades biológicas y biocompatibilidad	20
3.3.3.4 Comparación con otros biomateriales	
Odontológicos	23
3.3.3.5 Modificaciones y optimización del PEEK.....	23
3.3.3.6 Propiedades Adhesivas	28
3.3.3.7 Aplicaciones clínicas	29
3.3.3.8 Ventajas clínicas.....	35
3.3.3.9 Limitaciones y desafíos actuales.....	36
IV. RESULTADOS DE LOS ARTÍCULOS.....	37
V. CONCLUSIONES.....	40
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

RESUMEN

Objetivo: Este estudio analizó las propiedades mecánicas y adhesivas del Polieter eter cetona y sus aplicaciones clínicas en odontología.

Material y método: La presente investigación se desarrolló bajo el diseño de una revisión de literatura narrativa, orientada a analizar y sintetizar la evidencia disponible sobre las aplicaciones clínicas del poliéter-éter-cetona (PEEK) en implantología y prostodoncia. El estudio se centró en identificar el estado actual del conocimiento respecto a su comportamiento biomecánico, biocompatibilidad, desempeño clínico y limitaciones documentadas en la literatura científica reciente.

Resultados: Se evidencia que el PEEK se posiciona como un biomaterial con alto potencial clínico en odontología, especialmente en implantología y prostodoncia, debido a su módulo elástico similar al del hueso, su biocompatibilidad y su estabilidad. Los estudios recientes destacan avances importantes en impresión 3D y modificaciones superficiales que potencian propiedades antibacterianas y osteogénicas, aunque aún existe escasez de evidencia clínica a largo plazo. El material demuestra desempeño favorable en coronas, prótesis fijas y removibles, así como en restauraciones provisionales, ofreciendo estructuras más ligeras y con mejor distribución de tensiones.

Conclusión: El PEEK se consolida como un biomaterial con notables ventajas mecánicas y biológicas para su aplicación en implantología y prostodoncia, especialmente en restauraciones provisionales y estructuras protésicas. Su compatibilidad con tecnologías CAD/CAM y la impresión 3D favorece su incorporación en la práctica clínica moderna. Sin embargo, persisten limitaciones importantes relacionadas con la adhesión debido a su naturaleza inerte, la estabilidad estética de los recubrimientos y la falta de protocolos estandarizados, por ello se requieren estudios de largo seguimiento que permitan validar su desempeño y garantizar su uso confiable a futuro.

Palabras claves: PEEK, polieteretercetona, prostodoncia, implantología

ABSTRACT

Objective: This study analyzed the mechanical and adhesive properties of polyether-ether-ketone (PEEK) and its clinical applications in dentistry.

Materials and Methods: This research was conducted as a narrative literature review aimed at analyzing and synthesizing the available evidence regarding the clinical use of PEEK in implantology and prosthodontics. The study focused on identifying the current state of knowledge concerning its biomechanical behavior, biocompatibility, clinical performance, and the limitations reported in recent scientific literature.

Results: The evidence indicates that PEEK is emerging as a biomaterial with high clinical potential in dentistry, particularly in implantology and prosthodontics, due to its elastic modulus comparable to that of bone, its biocompatibility, and its structural stability. Recent studies highlight significant advancements in 3D printing and surface modifications that enhance its antibacterial and osteogenic properties; however, long-term clinical evidence remains limited. The material demonstrates favorable performance in crowns, fixed and removable prostheses, as well as provisional restorations, providing lighter structures with improved stress distribution.

Conclusion: PEEK is established as a biomaterial with notable mechanical and biological advantages for use in implantology and prosthodontics, particularly in provisional restorations and prosthetic frameworks. Its compatibility with CAD/CAM technologies and 3D printing supports its integration into modern clinical practice. Nevertheless, important limitations persist regarding adhesion due to its chemically inert nature, the aesthetic stability of surface coatings, and the lack of standardized protocols. Therefore, long-term clinical studies are required to validate its performance and ensure its reliable use in the future.

Keywords: PEEK, polyether-ether-ketone, prosthodontics, implantology.

I. INTRODUCCIÓN:

El Poli éter éter cetona (PEEK) es un material termoplástico que está siendo utilizado ampliamente en el campo de la Odontología gracias a sus propiedades biomecánicas y su estabilidad a grandes temperaturas en comparación, incluso con el metal o la cerámica(1). Es descrito también de alto rendimiento por presentar algunas propiedades semi-cristalinas, presenta buena biocompatibilidad, resistencia a altas temperaturas, excelentes propiedades de fatiga, alta tenacidad, tasa de desgaste relativamente baja, resistencia a la corrosión y estabilidad del color (2). Este polímero semi cristalino fue desarrollado en Inglaterra a finales de la década de los 70s (1970) y reconocido a finales de la década de los 90s por la Food and drug administration (FDA) de Estados Unidos como un biomaterial implantable (1,2).

A su vez presenta excelentes propiedades mecánicas y mayor ligereza a comparación de los materiales que tenemos hoy en día en el mercado, lo que representa un efecto amortiguador para las restauraciones con este material, con un módulo de elasticidad de 3-4 Gpa, similar al que presenta el tejido óseo humano, de 14Gpa (1,2,3).

Presenta un fácil procesamiento, su diseño y fabricación es producido por sistema de computadora CAD-CAM. Entre algunas ventajas adicionales, se menciona su baja abrasividad al esmalte y su alta resistencia al desgaste (3).

La factibilidad de este material ha sido estudiada sobre todo en el ámbito de las prótesis e implantes dentales y dentro de la implantología, donde se evalúa como una posible opción frente al titanio y la zirconia, gracias a su alta biocompatibilidad y a propiedades físicas destacadas como su elasticidad, resistencia mecánica y capacidad de radiolucidez. (4).

Este polímero también es útil en odontología digital cuando se necesita carga inmediata o cirugías periimplantarias. Igualmente presenta alta absorción de impactos, abrasión, resistencia a la fatiga y una buena estabilidad en la cavidad bucal sin ocasionar cambios físico químicos (5).

El PEEK posee un módulo de elasticidad relativamente cercano al del hueso humano, aproximadamente 4 GPa frente a 14 GPa, respectivamente, y exhibe propiedades tensiles similares a las del esmalte natural (alrededor de 80 MPa frente a 68 MPa) y la dentina (aproximadamente 80 MPa frente a 104 MPa), especialmente cuando se

compara con materiales como la aleación de titanio (cerca de 110 GPa y 1200 MPa) y la zirconia (alrededor de 210 GPa y 550 MPa) (6,7).

De igual manera, supera las dificultades asociadas con la fragilidad de los materiales cerámicos y con los métodos artificiales, como la tinción, que se utilizan para modificar el color final, lo que evita el aspecto poco atractivo de las aleaciones metálicas (8).

A su vez fresado se presenta como una opción viable y prometedora para las restauraciones en zonas posteriores, sustituyendo a materiales como el metal cerámico o la zirconia.

Sin embargo, este polímero ha demostrado una adecuada biocompatibilidad tanto en estudios in vitro e in vivo, sin inducir toxicidad, mutagenicidad ni inflamaciones clínicamente relevantes. No obstante, su carácter biológicamente inerte ha restringido el alcance de sus posibles aplicaciones. Por esta razón, uno de los principales retos actuales consiste en incrementar su bioactividad, objetivo que se está abordando a través de distintas estrategias (9).

Entre otras propiedades muestra una mejor función protectora en el ligamento periodontal debido a dispersión de fuerzas masticatorias en la fabricación de estructuras para prótesis removibles como alternativa para las CoCr (10).

En este sentido, el objetivo de la presente revisión de literatura es conocer acerca de las aplicaciones clínicas del Polieter eter cetona en odontología, así también como sus propiedades mecánicas y adhesivas.

II. JUSTIFICACIÓN:

El desarrollo de tecnologías con el avance de la odontología moderna y la búsqueda de materiales biocompatibles, duraderos y estéticamente aceptables ha impulsado el desarrollo y la evaluación de nuevas alternativas a los materiales tradicionales. Uno de los materiales emergentes que ha captado la atención es el poli éter éter cetona (PEEK).

Aunque la literatura es abundante en estudios in vitro que destacan su excelente resistencia mecánica, elasticidad similar al hueso y estabilidad química, existe una escasez de investigaciones clínicas robustas que validen su comportamiento a largo plazo, aquí es donde recae su importancia clínica, y por medio de esta revisión de literatura, se pueda brindar algunas directrices sobre su comportamiento y potencial clínico.

La justificación tecnológica está dada porque el PEEK, se ha posicionado como un material de interés creciente en la odontología moderna digital, ya que su fabricación es a partir de sistema CAD CAM a través de archivos 3D lo que permite una fabricación de piezas o aditamentos con la forma y tamaño deseado.

La importancia de generar la presente revisión de literatura es promover el conocimiento, bondades y principales propiedades de este material innovador, como lo es, el PEEK, ya que en el campo de la Odontología se requiere un excelente material biocompatible, resistente a altas temperaturas, flexibilidad y alta resistencia al desgaste químico, como alternativa para pacientes que necesitan soluciones livianas y libres de metal.

Y por último esta revisión de literatura me ha permitido profundizar en las propiedades físico-químicas y mecánicas de este polímero, así como su potencial como material alternativo en prótesis, implantología, entre otros y me permite ampliar mi visión sobre el futuro de la odontología mínimamente invasiva y biocompatible.

III. CUERPO DEL TRABAJO

3.1 Objetivos:

OBJETIVO GENERAL

- Determinar las aplicaciones clínicas en Odontología del Poli éter eter cetona.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las propiedades mecánicas del Poli éter eter cetona.
- Enumerar las propiedades adhesivas del Poli éter eter cetona.

3.2 Antecedentes de investigación:

Meiqing Chen, Mei Ren, Yingqi Shi, Xiuyu Liu and Hongtao Wei, “State-of-the-art PEEK three-dimensional printed implants: review”. China, 2023. El objetivo de este artículo es analizar en detalle el potencial de aplicación clínica de los materiales para implantes dentales basados en PEEK y resumir los últimos avances en la mejora de sus diferentes actividades desde una perspectiva funcional. Se llevó a cabo un estudio tridimensional mediante el método de elementos finitos (FEA), el cual evidenció las ventajas mecánicas que presenta el PEEK en la interacción entre el implante y el tejido óseo. En segundo lugar, se presentó el método más adecuado para la fabricación de implantes dentales de PEEK: la impresión 3D. Además, se analizó métodos para abordar los principales desafíos de la investigación en impresión 3D, como los avances en la mejora de la adhesión entre capas del PEEK impreso en 3D. Asimismo se realizó un resumen exhaustivo de diferentes estrategias de modificación para mejorar las propiedades biomecánicas, antibacterianas, de adhesión a tejidos blandos, inmunorreguladoras, antioxidantes, osteogénicas, antiosteoclastogénicas y angiogénicas del PEEK. La traslación de los resultados de laboratorio a la práctica clínica aún requiere tiempo y puede enfrentar numerosos desafíos, como la estabilidad del recubrimiento químico superficial y el mantenimiento de su actividad in vivo, la liberación precisa de los componentes degradables en el sitio objetivo, la capacidad de los implantes para adaptarse al entorno oral en constante cambio y las diferencias en hábitos y composición ósea entre pacientes. Estas cuestiones son cruciales y difíciles de resolver. Por lo tanto, es necesario establecer modelos animales con estándares rigurosos para realizar pruebas que maximicen la homogeneidad del análisis preclínico. Se concluye que se espera que el PEEK reemplace los materiales tradicionales para implantes dentales. Su estética y su

baja capacidad de protección contra la tensión le confieren mayores ventajas de aplicación en grupos de pacientes específicos (11).

Skirbutis G, Dzingutė A, Masiliūnaitė V, Šulcaitė G, Žilinskas J., 2, “PEEK: polymer properties and use in prosthodontics”, Lituania, 2018. El objetivo de esta investigación fue analizar la poliéter éter cetona (PEEK), describiendo sus propiedades y aplicaciones dentro del campo de la prostodoncia. Para ello, se efectuó una revisión bibliográfica de estudios publicados entre enero de 2010 y abril de 2017, utilizando las bases de datos Medline (vía PubMed), ScienceDirect, Wiley Online Library y Google Scholar. Inicialmente se identificaron 143 artículos mediante el uso de los términos clave PEEK, prostodoncia y odontología, de los cuales se seleccionaron doce trabajos disponibles a texto completo para su evaluación. La información recopilada sobre la idoneidad del polímero PEEK se clasificó de acuerdo con sus propiedades mecánicas, químicas y físicas, además de los métodos de acondicionamiento superficial. Los resultados indicaron que el PEEK es un material apropiado para su aplicación en prostodoncia; no obstante, la evidencia disponible es limitada en relación con posibles complicaciones, la formación de biopelículas en su superficie y su comportamiento frente a fuerzas compresivas, por lo que se requieren estudios adicionales que amplíen el conocimiento sobre estos aspectos (12).

Najeeb S, Zafar MS, Khurshid Z, Siddiqui F, “Applications of polyetheretherketone (PEEK) in oral implantology and prosthodontics”, Reino Unido, 2016. El propósito de esta revisión fue sintetizar los hallazgos de los estudios existentes sobre el uso de este material en aplicaciones odontológicas, así como analizar sus proyecciones futuras dentro de la práctica clínica dental. Para ello, se llevó a cabo una búsqueda electrónica en la base de datos PubMed (Medline), empleando la combinación de los términos «polieteretercetona», «dental» y «odontología». Se incluyeron investigaciones originales publicadas en idioma inglés durante los últimos quince años. Los estudios considerados pertinentes fueron evaluados de manera crítica y posteriormente resumidos. Los resultados indican que el PEEK ha sido ampliamente estudiado para múltiples aplicaciones en odontología clínica; por ejemplo, los implantes dentales fabricados con este material presentan un menor efecto de apantallamiento de tensiones en comparación con los implantes de titanio, lo cual se atribuye a la mayor similitud entre las propiedades mecánicas del PEEK y las del tejido óseo. El PEEK es un material prometedor para diversas prótesis removibles y fijas. Además, estudios recientes se han centrado en

mejorar la bioactividad de los implantes de PEEK a nanoescala. Gracias a sus propiedades mecánicas y físicas similares a las del hueso, el PEEK puede utilizarse en diversas áreas de la odontología. Mejorar la bioactividad de los implantes dentales de PEEK sin comprometer sus propiedades mecánicas representa un gran desafío. Modificaciones adicionales y la mejora de las propiedades del material podrían ampliar sus aplicaciones en la práctica clínica odontológica (13).

Ghazal-Maghras R, Vilaplana-Vivo J, Camacho-Alonso F, Martínez-Beneyto, “Properties of PEEK implant abutments: a systematic review”, España, 2022. El objetivo central de esta revisión sistemática fue analizar las propiedades mecánicas y el desempeño funcional de los pilares de PEEK (polieteretercetona), con el fin de evaluar su viabilidad como posible reemplazo de los pilares fabricados en titanio. Para ello, se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica en cinco bases de datos: Medline (PubMed), SciELO, Cochrane, Web of Science (WOS) y Google Scholar. Se seleccionaron estudios publicados entre los años 2018 y 2020, redactados en idioma inglés. El protocolo de la revisión fue previamente registrado en PROSPERO (ID 274834). Posteriormente, se efectuó la extracción de la información y la evaluación de la calidad metodológica siguiendo las directrices CONSORT adaptadas. En una primera etapa se identificaron 976 registros; tras la eliminación de duplicados mediante Mendeley Desktop, el número se redujo a 483. Luego del análisis de los resúmenes, se descartaron 448 artículos. Finalmente, se revisaron 35 estudios a texto completo, de los cuales solo 5 cumplieron los criterios de inclusión para esta revisión sistemática. Los resultados disponibles indican que los pilares de implantes elaborados en PEEK no alcanzan los requisitos biomecánicos necesarios para sustituir de manera definitiva a los pilares de titanio. No obstante, el PEEK se considera una opción alternativa y de uso temporal, especialmente indicada para aplicaciones en el sector anterior (14).

Suphangul S, Rokaya D, Kanchanasobhana C, Rungsiyakull P, Chaijareenont P., “PEEK Biomaterial in Long-Term Provisional Implant Restorations: A Review”, Tailandia, 2022. El objetivo de esta revisión fue analizar la PEEK como restauración provisional de implantes a largo plazo para aplicaciones en implantología dental. Se realizó una búsqueda de artículos publicados en inglés sobre el biomaterial PEEK para restauraciones provisionales de implantes a largo plazo en Google Scholar, ScienceDirect, PubMed/MEDLINE y Scopus. Posteriormente, los estudios considerados pertinentes fueron seleccionados e incorporados en la presente revisión de la literatura. El PEEK

demuestra características favorables para su aplicación en distintos componentes de los implantes dentro de la implantología dental, abarcando tanto restauraciones provisionales de corta duración como soluciones temporales prolongadas. Las modificaciones de la PEEK permiten una mayor variedad de aplicaciones en la práctica clínica odontológica. El PEEK reforzado con un 30-50% de fibras de carbono sería el material de elección para diversos componentes de implantes dentales. Se requieren más estudios sobre implantes de PEEK para que puedan reemplazar al titanio en el futuro y utilizarse en restauraciones provisionales de larga duración (15).

Bathala L, Majeti V, Rachuri N, Singh N, Gedela S., “The role of Polyether Ether Ketone (Peek) in Dentistry – A Review”, India, 2019. Este estudio tuvo como objetivo: revisar aplicaciones y propiedades del peek en odontología clínica. Se realizó una búsqueda bibliográfica en Medline (a través de PubMed), Wiley Online Library, EBSCOhost, Science Direct y Google Scholar entre enero de 2010 y marzo de 2018, utilizando las palabras clave: PEEK, PEEK modificado, PEEK y odontología, ventajas del PEEK, aplicaciones del PEEK en odontología e implantes de PEEK. Se encontraron 103 artículos, de los cuales 18 no estaban relacionados con este estudio y, por lo tanto, fueron excluidos. Finalmente, se identificaron 85 estudios como pertinentes para su inclusión. La evidencia disponible describe múltiples aplicaciones del PEEK en el ejercicio clínico odontológico. Asimismo, la literatura revisada señala que este material presenta propiedades mecánicas favorables y un amplio potencial de uso en distintas áreas de la odontología (16).

Parate KP, Naranje N, Vishnani R, Paul P., “Polyetheretherketone material in dentistry”, India, 2023. El objetivo de este estudio fue destacar a la polietereetercetona (PEEK) como un material con alto potencial para su aplicación en restauraciones dentales. En la práctica odontológica actual, las restauraciones libres de aleaciones metálicas han adquirido mayor relevancia, principalmente por razones estéticas. Para ello, se llevó a cabo una revisión bibliográfica en las bases de datos PubMed y Google Scholar en julio de 2022, utilizando los términos «PEEK», «implante», «prótesis», «estética» y «pilar». Asimismo, se revisaron las referencias bibliográficas de los estudios considerados relevantes con el fin de identificar literatura adicional. La búsqueda fue actualizada en febrero de 2023. Inicialmente, el evaluador examinó los títulos y resúmenes de los artículos recuperados de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión establecidos, antes de proceder a la lectura de los textos completos. Se incluyeron tanto estudios

publicados como no publicados redactados en idioma inglés. Debido a restricciones de recursos y a la falta de acceso a los textos completos, se excluyeron investigaciones relacionadas con el uso del PEEK en áreas ajenas al ámbito biomédico. El PEEK es un material con excelentes propiedades mecánicas, físicas, estéticas y biológicas, lo que permite su uso en múltiples áreas odontológicas como implantes, prótesis y ortodoncia. Puede reforzarse con fibras o nanomateriales para mejorar su desempeño. El desafío principal es incrementar su bioactividad sin afectar sus características favorables. Su procesamiento mediante CAD/CAM permite fabricar prótesis personalizadas, y el CFR-PEEK se perfila como un sustituto prometedor de los metales. Se espera que su uso se expanda en endodoncia, postes dentales y otras aplicaciones clínicas (17).

Akay C, Ersöz MB., “PEEK in dentistry, properties and application areas”, Turquía, 2020. El propósito de este estudio fue identificar y sintetizar las distintas áreas en las que el PEEK tiene aplicación dentro de la odontología. Para ello, se llevó a cabo una revisión retrospectiva de la literatura mediante la búsqueda de los términos “polyetheretherketone”, “PEEK”, “dentistry”, “dental” e “implant” en las bases de datos PubMed y Google Scholar. Los artículos considerados pertinentes fueron evaluados y resumidos de manera crítica. En esta revisión se describen la estructura, las propiedades y los usos del PEEK. Este material presenta un amplio potencial en el ámbito biomédico debido a sus destacadas propiedades químicas y mecánicas. Su módulo de elasticidad, comparable al del tejido óseo, permite su empleo como material para implantes, prótesis fijas y removibles, obturadores, así como en odontopediatría y ortodoncia. Asimismo, el PEEK se posiciona como una alternativa a los metales, al presentar características no alergénicas y una apariencia estética favorable. No obstante, la optimización de sus propiedades y el incremento de su biocompatibilidad representan un desafío continuo. Se prevé que las modificaciones aplicadas a este material favorezcan una mayor expansión de su uso en el campo odontológico (18).

Soares Machado P, Cadore Rodrigues AC, Chaves ET, Susin AH, Valandro LF, Pereira GKR, Rippe MP., “Surface Treatments and Adhesives Used to Increase the Bond Strength Between Polyetheretherketone and Resin-based Dental Materials: A Scoping Review”, USA, 2022. El objetivo de la presente revisión fue reconocer y evaluar los distintos tratamientos de superficie y sistemas adhesivos aplicables a la polieteretercetona (PEEK), con la finalidad de mejorar su resistencia de adhesión a los materiales resinosos empleados en odontología. El desarrollo de esta revisión de alcance

se llevó a cabo siguiendo los lineamientos establecidos por la declaración PRISMA. Se seleccionaron estudios que evaluaban los tratamientos superficiales del PEEK y su resistencia de adhesión a materiales a base de resina. La búsqueda se realizó en las bases de datos PubMed, Scopus, Web of Science y Cochrane. La elección de los estudios incluidos fue realizada por tres revisores de forma independiente utilizando el software Rayyan. Posteriormente, se efectuó un análisis descriptivo en el que se consideraron las características metodológicas de cada investigación y sus resultados más relevantes, incluyendo el título, año de publicación, autores, propiedades del PEEK, tipos de tratamientos superficiales, grupo control, proceso de fraguado de la adhesión, agente cementante empleado, geometría de las muestras, condiciones de almacenamiento, termociclado, fallos ocurridos antes de la prueba, configuración del ensayo, análisis de los modos de falla, principales resultados y el cumplimiento de las normas establecidas. La búsqueda inicial arrojó 1965 artículos, de los cuales 32 se incluyeron en el análisis descriptivo. La revisión demostró que el uso de tratamientos superficiales y adhesivos es importante para mejorar la adhesión al PEEK. Hasta la fecha, se han explorado diversos tratamientos superficiales para mejorar la adhesión al PEEK. El grabado con ácido sulfúrico se reporta comúnmente como el que promueve la mayor adhesión, seguido de la abrasión con partículas de alúmina. Respecto a los sistemas adhesivos, la utilización de un adhesivo específico que incorpora MMA, PETIA (triacrilato de pentaeritritol) y dimetacrilatos proporciona el desempeño adhesivo más favorable. El grabado con ácido sulfúrico y la abrasión con partículas de alúmina, seguidos de la aplicación de agentes adhesivos que contienen MMA, PETIA y dimetacrilatos, son las opciones más eficaces para aumentar la adhesión de los materiales a base de resina al PEEK (19).

Zhang Y, Zhang W, Yang M, Li M, Zhou L, Liu Y, Liu L, Zheng Y., “Comprehensive review of polyetheretherketone use in dentistry”, China, 2025. El propósito de esta investigación fue ofrecer una visión integral del estado actual del uso de la polieteretercetona (PEEK) en las distintas áreas de la estomatología, así como identificar sus limitaciones y los principales retos asociados a su aplicación. Para ello, se realizó una revisión de la literatura científica obtenida de las bases de datos PubMed, Google Scholar, Web of Science y ScienceDirect, empleando como términos de búsqueda “polieteretercetona (PEEK)”, “materiales dentales”, “ortodoncia”, “prótesis dental”, “implantología oral”, “cirugía oral y maxilofacial”, “periodoncia”, “osteointegración” y “modificación de superficies”. La evidencia disponible destaca múltiples propiedades del

PEEK que respaldan su utilidad en odontología, entre ellas su elevada biocompatibilidad, resistencia a la fractura, adecuada estética, radiotransparencia y un comportamiento mecánico comparable al del tejido óseo. Las aplicaciones con mayor proyección del PEEK en el ámbito odontológico comprenden arcos y dispositivos de ortodoncia, aparatos interceptivos, retenedores linguales fijos, coronas, postes y núcleos, prótesis parciales fijas y removibles, prótesis maxilofaciales, implantes y pilares dentales, andamios óseos alveolares, procedimientos de reconstrucción mandibular y de la articulación temporomandibular, así como férulas periodontales y oclusales. Asimismo, numerosos estudios experimentales, tanto in vitro como in vivo, han demostrado que la capacidad de osteointegración del PEEK puede optimizarse de manera significativa mediante el uso de técnicas avanzadas de modificación de su superficie. El PEEK se ha explorado en diversos campos de la odontología debido a sus excelentes propiedades. El PEEK y sus modificaciones se utilizan con mayor frecuencia en la práctica clínica. Sin embargo, la mayoría de sus aplicaciones se basan en evaluaciones in vitro o in vivo a corto plazo. Es necesario contar con mayor evidencia clínica a largo plazo que permita confirmar la eficacia, viabilidad y posible ventaja del uso del PEEK en el ámbito odontológico (2).

3.3 Marco Teórico:

3.2.1 Biomateriales en odontología

Los Biomateriales Dentales han evolucionado significativamente en la Odontología moderna, desempeñando un papel crucial en el diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de la salud bucal. Estos materiales han transformado la forma en que los odontólogos abordan las necesidades de sus pacientes, permitiendo soluciones más eficaces, duraderas y estéticamente satisfactorias (20).

- En nanotecnología se refiere a la incorporación de nano partículas en resinas compuestas y otros materiales, ha mejorado la resistencia al desgaste, la adhesión y las propiedades antibacterianas de los biomateriales (20).
- Materiales bioactivos: estos no solo reemplazan al tejido perdido, sino que también interactúan con el entorno biológico para promover la regeneración y curación (20).

- Impresión 3D: la fabricación aditiva ha revolucionado la odontología al permitir la creación de prótesis personalizadas, guías quirúrgicas y otros dispositivos de alta precisión y en menos tiempo (20).

3.2.2 Polímeros en odontología

Los polímeros artificiales comenzaron a utilizarse en odontología desde la década de 1940. Uno de los polímeros más estudiados es el polimetilmetacrilato (PMMA), que posee excelentes propiedades biomecánicas y de auto endurecimiento (21).

Los polímeros son macromoléculas constituidas por largas cadenas formadas a partir de múltiples unidades repetidas, las cuales se obtienen mediante procesos de polimerización por adición o por condensación. Las resinas acrílicas corresponden a ésteres poliméricos derivados de los ácidos metacrílicos. Gracias a sus propiedades favorables, la resina acrílica se ha consolidado como el material base de difusión (DBM) más utilizado desde su desarrollo en 1937. Además, existen otros polímeros que se emplean en menor proporción, entre los que se incluyen el estireno vinílico, los policarbonatos, el nailon, el etileno, el poliuretano, los poliésteres insaturados, el acetato de polivinilo, la poliéter éter cetona (PEEK) y la poliéter cetona cetona (PEKK) (21).

3.2.2.1 Material base de difusión: poliméricos históricos:

- Policarbonatos
- Acetal
- Poliestireno

3.2.2.2 Resinas acrílicas

La resina acrílica está constituida por una fase líquida y una fase en polvo. El componente en polvo contiene partículas esféricas prepolimerizadas de polimetilmetacrilato (PMMA), además de una proporción reducida de peróxido de benzoilo (0,5–1 %), el cual actúa como iniciador del proceso de polimerización, así como pigmentos, colorantes y agentes opacificantes. Por su parte, la fase líquida corresponde al metacrilato de metilo en estado no polimerizado, al que se le incorpora una pequeña cantidad de hidroquinona con función inhibidora, con el objetivo de prevenir la polimerización o el fraguado prematuro durante el almacenamiento. El líquido puede reticularse mediante un agente reticulante como el dimetacrilato de etilenglicol (TEGDMA). El polimetilmetacrilato (PMMA) es

un polímero transparente, similar al vidrio, que a veces se utiliza para fabricar bases de prótesis dentales. No obstante, los fabricantes suelen incorporar pigmentos con el fin de lograr una tonalidad similar a la del tejido blando. En algunos casos, se añaden fibras de pequeño tamaño recubiertas de color para generar un efecto vetado. Las resinas utilizadas en las bases de las prótesis dentales contienen principalmente óxidos de hierro u óxidos de titanio como agentes pigmentantes de tonalidad rosada. La adición de estos pigmentos a un PMMA produjo una coloración similar a la del PMMA rosado común utilizado en odontología y no comprometió sus propiedades mecánicas (21).

3.2.2.3 Resinas termoplásticas

Son materiales flexibles y biocompatibles con propiedades físicas y mecánicas únicas. Estas resinas se introdujeron en 1950 para solucionar muchas de las limitaciones de la resina acrílica tradicional, gracias a su mejor adaptabilidad a las prótesis dentales, así como a su mayor retención debido a su ligereza y capacidad para adaptarse a las zonas retentivas deseadas. Estos materiales presentan una buena estética, propiedades físicas deseables y facilidad de fabricación. En comparación con los sistemas de resina en polvo y líquida, las resinas termoplásticas ofrecen varias ventajas, como mayor estabilidad, resistencia a los disolventes, alta resistencia a la fatiga y excelentes propiedades de desgaste (21).

3.2.2.4 PMMA modificado

- Refuerzo de fibra
- Fibra de vidrio
- Poliamidas
- Polietileno
- Refuerzo de relleno
- Óxidos metálicos alúminas

3.3.3 Otros materiales poliméricos:

3.3.3.1 Polyetheretherketone (PEEK)

a) Historia, Definición y estructura química

Un científico británico sintetizó PEEK por primera vez en 1978, y en la década de 1980, la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) lo aprobó

como material implantable in vivo. Durante este mismo periodo se puso de manifiesto y se reconoció la importancia de las características superficiales del material en el proceso de osteointegración. En abril de 1998, Thornton Cleveleys propuso por primera vez su utilización implantable como biomaterial de uso comercial. A partir de ese momento, su empleo en el ámbito biomédico experimentó un crecimiento significativo, consolidándose como una alternativa a los implantes metálicos y como un material ampliamente utilizado en cirugía plástica y traumatológica (11).

El PEEK es un material de color blanco, radiotransparente y rígido, que se caracteriza por una elevada estabilidad térmica, soportando temperaturas de hasta 335,8 °C. Presenta un comportamiento hipoalergénico y una baja adhesión a la placa bacteriana. Su módulo flexural se sitúa entre 140 y 170 MPa, con una densidad aproximada de 1300 kg/m³ y una conductividad térmica de 0,29 W/mK. Asimismo, sus propiedades mecánicas permanecen inalteradas tras los procesos de esterilización, ya sea mediante vapor, radiación gamma u óxido de etileno. También es resistente a la hidrólisis, no tóxico y muy biocompatible (12).

El polieter eter cetona es un material polimérico sintético, de color similar al del diente. La unidad monomérica de la eteretercetona polimeriza mediante una reacción de dialquilación por etapas de bisfenolatos para formar la polieteretercetona. Una ruta de síntesis común para el PEEK es la reacción entre la 4,4'-difluorobenzofenona y la sal disódica de hidroquinona en un disolvente polar como la difenilsulfona a 300 °C. Siendo un material semicristalino con un punto de fusión elevado de aproximadamente 335 °C (13).

Su temperatura de transición vítrea es de aproximadamente 143 °C y se funde a unos 343 °C. Es muy resistente a la corrosión. Presenta una alta resistencia a la degradación térmica, acuosa y química, excepto en presencia de ácido sulfúrico al 98 % (14).

El PEEK tiene una estructura de cadena lineal, que consiste en un anillo aromático con combinaciones de grupos funcionales cetona (-CO-) y éter (-O-) entre los anillos arilo. Se puede fabricar mediante CAD-CAM o moldeo por compresión. (Figura 1) (14).

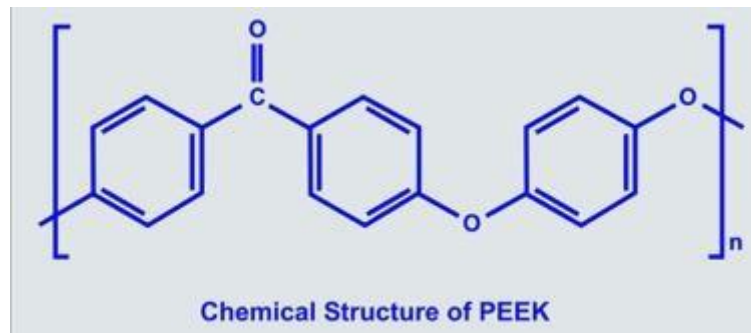


Figura 1: Estructura química de PEEK (14)

La familia de polieteretercetonas (PAEK) se distingue por su alto rendimiento entre todos los compuestos termoplásticos. La polieteretercetona (PEEK) y la polietercetona (PEKK) constituyen los miembros más representativos de la familia de los poliarilitercetonas (PAEK), los cuales fueron introducidos en el ámbito de la ingeniería durante la década de 1980. Esta familia se distingue por su estructura aromática lineal basada en polieter cetona. El PEEK destaca por su desempeño sobresaliente, al presentar propiedades avanzadas y una elevada resistencia química. Estas cualidades han favorecido un creciente interés en su aplicación dentro de las áreas médica y odontológica. (Figura 2) (15).

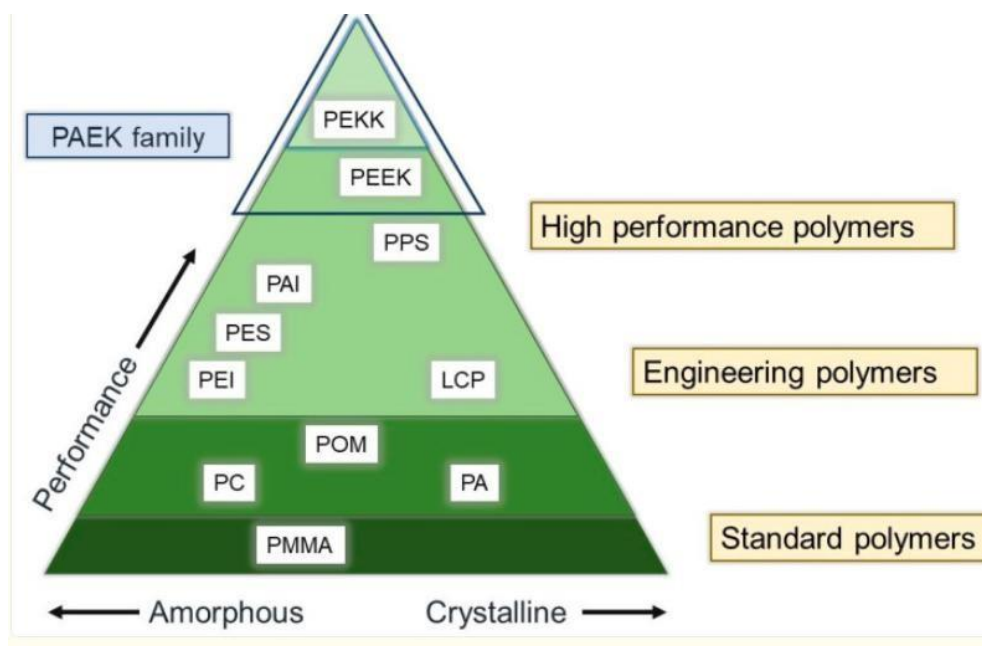


Figura 2: Diferentes polímeros y el desempeño del PEKK incluyen los siguientes materiales: PMMA (polimetilmetacrilato), PC (policarbonatos), PA (poliamida), POM (polioximetileno), PPS (sulfuro de polifenileno), PAI (poliamida-imida), PEI (polietilenimina), PES (poliéter sulfona), PEEK (polieteretercetona), PEKK (polietercetona) y PAEK (poliarilitercetona) (15).

3.3.3.2 Propiedades físico-mecánicas

Las propiedades físicas del PEEK, como el módulo de elasticidad, son de 3,6 GPa, y mediante la incorporación de fibras de carbono, este módulo puede incrementarse hasta 18 GPa, valor cercano al del hueso cortical (15 GPa) (16).

El módulo del PEEK reforzado con carbono es comparable al del hueso cortical y la dentina, por lo que este polímero podría presentar una menor protección contra la tensión en comparación con el titanio, utilizado como material de implante (Tabla 1). Asimismo, las propiedades de resistencia a la tracción del PEEK son comparables a las del hueso, el esmalte y la dentina, lo que lo convierte en un material adecuado desde el punto de vista mecánico (13).

Material	Resistencia a la tracción (MPa)	Módulo de Young (GPa)
PEEK	80	3-4
CFR-PEEK	120	18
Hueso cortical	104-121	14
PMMA	48-76	3-5
Dentina	104	15
Esmalte	47,5	40-83
Titanio	954-976	102-110

TABLA 1: Resistencia a la tracción y módulos elásticos de PEEK, CFR-PEEK, PMMA y tejidos humanos mineralizados (13)

Las características de resistencia a la tracción del PEEK son similares a las del tejido óseo, el esmalte y la dentina; en consecuencia, este material podría generar un efecto de apantallamiento de tensiones inferior al observado con el titanio, lo que le confiere potencial como material alternativo (16).

3.3.3.3 Propiedades biológicas y biocompatibilidad

El PEEK sin modificar es inherentemente hidrófobo, con un ángulo de contacto con el agua de 80-90° y bioinerte. Por otra parte, investigaciones proteómicas recientes han señalado que el PEEK puede interferir en el procesamiento del ARNm, lo que podría provocar una reducción en la proliferación celular sobre su superficie y generar posibles efectos citotóxicos a largo plazo. Si bien el PEEK sin modificar se considera un material bioinerte, no existe evidencia de sus efectos osteo conductivos in vivo e in vitro (10). Su

biocompatibilidad y bioestabilidad están avaladas por los expedientes maestros de medicamentos y dispositivos de la FDA de EE. UU (16).

Existe un consenso general en que la geometría superficial de los materiales influye de manera directa en su hidrofiliidad y grado de rugosidad, factores que actúan de forma conjunta sobre la respuesta celular y el proceso de osteointegración. La mayoría de los polímeros se caracterizan por una baja energía superficial, lo que limita su bioactividad. Por esta razón, sus superficies suelen ser modificadas mediante técnicas de abrasión por chorro de partículas y tratamientos químicos ácidos, con el objetivo de favorecer la actividad de los osteoblastos. También pueden modificarse con láser, obteniéndose una mejor fijación de los fibroblastos gingivales que en superficies no modificadas con láser.

También se utilizan sustancias de recubrimiento bioactivas como el fosfato tricálcico (TCP), el dióxido de titanio (TiO_2), la hidroxiapatita de calcio (HAp), la fibroína de alta hidroxiapatita (HAF), el óxido de aluminio y la fibroína de seda. Se ha comprobado que la bioactividad superficial del material se incrementa mediante su tratamiento con ácido sulfúrico (H_2SO_4), el cual permite la formación de capas porosas sulfonadas. Este método se caracteriza por ser simple y eficaz, sin generar alteraciones significativas en las propiedades mecánicas del material. Asimismo, la incorporación de fibras de carbono (CFR-PEEK) contribuye a mejorar la resistencia mecánica y el módulo de elasticidad. Diversas investigaciones señalan que el óxido de grafeno favorece la osteogénesis y optimiza la hidrofiliidad, la microrrugosidad y la nanoestructura de la superficie, sin presentar efectos citotóxicos ni toxicidad sistémica. En conjunto, estos hallazgos respaldan su potencial como material adecuado para la fabricación de implantes y pilares. (14).

De acuerdo con diversos estudios, el PEEK no favorece la formación de biopelículas sobre su superficie, lo que permite su empleo como material para implantes. En comparación con los materiales tradicionales utilizados en pilares implantarios, este polímero muestra adecuada actividad metabólica celular, buena adhesión celular y respuestas de citoquinas proinflamatorias cuando entra en contacto con fibroblastos orales humanos. No obstante, se han descrito reacciones de hipersensibilidad como alergias, edema, prurito, urticaria y eritema, aunque su incidencia es poco frecuente. (14) No presenta efectos citotóxicos, mutagénicos, carcinogénicos ni desencadena respuestas inmunogénicas en los tejidos adyacentes (14).

Propiedades químicas y biológicas del PEEK.		
	Ventajas de la propiedad	Significado de la aplicación
Propiedades químicas	Resistencia a la degradación química, térmica y biológica	Puede aplicarse a entornos orales complejos mediante diversos métodos de fabricación.
	procesabilidad superior	Permite al PEEK fabricar con precisión diversas estructuras complejas de implantes.
	Resistencia al óxido de etileno, a la radiación gamma y al vapor:	Puede soportar esterilizaciones repetidas.
Propiedades biológicas	El PEEK tiene una estructura semicristalina de dos fases que no presenta ningún tipo de citotoxicidad ni mutagenicidad.	Presenta una alta compatibilidad con tejidos blandos y duros.
	Baja afinidad por la placa	Inhibición de la inflamación periimplantaria

Tabla N 2: Propiedades químicas y biológicas (11)

3.3.3.4 Comparación con otros biomateriales odontológicos

PROPIEDAD	PEEK	TITANIO
Modulo elástico	3-4 GPa	110 GPa
Peso	Muy bajo	Medio
Estética	Color marfil	Gris metálico
Biocompatibilidad	Muy alta	Muy Alta
Bioactividad	Inerte (requiere modificación)	Osteointegrable
Adhesión	Mas difícil	Excelente con oxidación natural
Uso clínico	Provisorios, personalizados	Pilares definitivos

Tabla N 3: Comparación de las propiedades del PEEK con el Titanio

3.3.3.5 Modificaciones y optimización del PEEK

Como ya se ha visto que la superficie del PEEK es hidrófoba, no permite la absorción de proteínas cuando se utiliza como material de implante, se ha tratado de modificar la superficie del PEEK mediante: tratamiento físico, químico, revestimiento de la superficie, y preparación de compuestos para que el PEEK pueda ser un material bioactivo y pueda ser utilizado en el campo de la implantología (22).

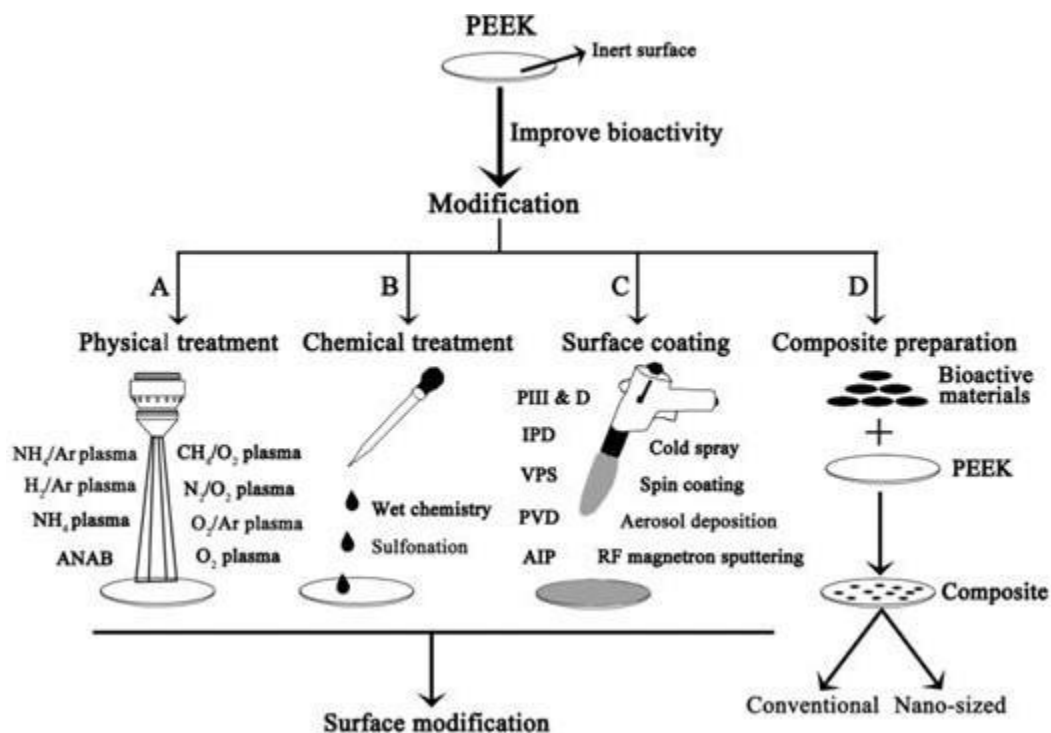


Figura3: Esquema para mejorar la bioactividad del PEEK (22)

A. Tratamiento físico:

Los tratamientos físicos para modificar la superficie del PEEK son las modificaciones con plasma (como plasma de oxígeno (O₂), plasma de amoníaco (NH₄), plasma de nitrógeno y oxígeno (N₂/O₂), plasma de metano y oxígeno (CH₄/O₂), plasma de oxígeno y argón (O₂/Ar), plasma de amoníaco / argón (NH₄/Ar) y plasma de hidrógeno / argón (H₂/Ar) y el haz de átomo neutro acelerado (ANAB) (22).

La técnica ANAB se caracteriza por que se emplea haces intensos de átomos de gas neutro dirigidos a la superficie PEEK, estos se pueden controlar y dar como resultado una textura

controlable a escala nanométrica de la superficie a una profundidad de 5 nm y así mejorar la osteointegración (22).

B. Tratamiento químico

La química de superficie en húmedo se ha utilizado para modificar el PEEK y crear una serie de variantes con funcionalización superficial.

Mediante sulfonación seguida de inmersión en agua, se obtiene una red porosa tridimensional con nanoestructura y grupos biofuncionales en la superficie.

Todo esto induce funciones osteoblásticas tempranas, incluyendo: adhesión inicial de células, proliferación, diferenciación osteogénica *in vitro*, además de mejorar significativamente: la osteointegración, la resistencia de unión hueso-implante, y la formación de apatita *in vivo* (23).

C. Revestimiento de superficie

Se han depositado diversos materiales sobre la superficie del PEEK, incluyendo hidroxiapatita (HA), titanio (Ti), oro, dióxido de titanio (TiO₂), carbono tipo diamante (DLC) y tert-butóxidos. La aplicación de estos tratamientos de recubrimiento superficial permite potenciar de manera notable la bioactividad del PEEK (22,23).

La hidroxiapatita (HA) es el recubrimiento bioactivo más empleado para el PEEK. Este material, cuya fórmula química es Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂, corresponde a la biocerámica de fosfato de calcio más utilizada y constituye el análogo sintético que más se asemeja al componente mineral del hueso humano. Numerosos estudios han demostrado de manera consistente que la HA presenta excelente biocompatibilidad, bioactividad y osteoconducción *in vivo* (22,23).

Se ha demostrado que la bioactividad superficial del PEEK aumenta al tratarlo con ácido sulfúrico (H₂SO₄), creando capas porosas sulfonadas. Este procedimiento es sencillo, eficaz y no daña significativamente las propiedades mecánicas del material (17).

Se ha observado también que las superficies de PEEK nanoestructuradas, producidas mediante grabado con ácido sulfúrico (sulfonación) y enjuague con agua destilada, inducen una osteointegración acelerada en comparación con el PEEK no modificado, tanto *in vitro* como *in vivo*. El efecto combinado de la producción de una superficie grabada altamente nanoporosa y la mayor hidrofiliencia debida a la presencia de grupos

de ácido sulfúrico (SO_3H) podría explicar la mejor biocompatibilidad del PEEK sulfonado (13).

D. Preparación con composite

Los composites de PEEK se clasifican en dos tipos según el tamaño de las partículas del material bioactivo incorporado:

- Composites convencionales de PEEK

Gracias a su buena biocompatibilidad, bioactividad y osteoconducción, la hidroxiapatita (HA) no solo se utiliza como material de recubrimiento frecuente para el PEEK, sino también como material de relleno para la elaboración de composites de PEEK. Al aumentar el contenido de HA, aumenta el módulo de tracción y la microdureza, pero disminuían la resistencia a la tracción y la deformación hasta la fractura.

Pero también se encontró fallas como el daño por fatiga en los composites: falla en la interfaz relleno-matriz, iniciación y propagación de grietas en la matriz desde los puntos de desunión, desarrollo de grietas más largas que conducían a la fractura final.

Además de la hidroxiapatita (HA), se han empleado otros materiales bioactivos en el desarrollo de compuestos de PEEK con actividad biológica, entre los que se incluyen la hidroxiapatita dopada con estroncio (Sr-HA), el silicato de calcio, las fibras de vidrio, el biovidrio y el β -fosfato tricálcico (β -TCP).

Los composites convencionales de HA/PEEK pueden no soportar cargas críticas a largo plazo debido a la desunión entre el relleno de HA y la matriz de PEEK. Para superar este problema, los científicos de materiales aplicaron nanotecnología (23).

- Composites de PEEK nanoestructurados (<100 nm)

Se prepararon nanocompuestos HA/PEEK mediante un proceso de mezclado y moldeo por inyección. Se observó que este nuevo nanocompuesto HA/PEEK presentaba un desempeño mecánico adecuado, así como una elevada presencia de hidroxiapatita en su superficie. Más importante aún, no ocurrió desunión entre las nanopartículas de HA bien dispersas y la matriz de PEEK (23).

Para evitar la aglomeración de las nanopartículas de HA durante la fabricación, los autores emplearon un proceso sintético in situ para preparar nano composites HA/PEEK [88]. En este proceso, las partículas de HA se mezclaron primero con oligómeros de PEEK de

cadena cortas y baja viscosidad, logrando un buen humedecimiento y contacto entre la HA y el PEEK. Posteriormente, la polimerización continuó aumentando el peso molecular de los oligómeros de PEEK en la superficie de la HA, envolviendo firmemente las partículas. La adhesión sólida entre la hidroxiapatita (HA) y el PEEK se explica principalmente por mecanismos físicos, en particular por el anclaje mecánico que se produce entre las cadenas del PEEK y la superficie de la HA.

En el tejido óseo natural, las células óseas interactúan con sustratos y estructuras que presentan características a escala nanométrica, como las proteínas de la matriz extracelular, los componentes minerales y los poros presentes en membranas y tejidos. Al reproducir esta nano topografía mediante el desarrollo de materiales nanoestructurados, se busca favorecer la proliferación de las células óseas y optimizar la integración del material con el tejido circundante. Entonces desarrollar composites de PEEK reforzados con materiales bioactivos nanoestructurados es una estrategia prometedora para obtener beneficios tanto mecánicos como biológicos (23).

Reforzamiento con fibras (vidrio, carbono)

En las prótesis implantosoportadas atornilladas, un tornillo de pilar de PEEK presenta ventajas sobre uno metálico debido a sus propiedades elásticas similares. Asimismo, la incorporación de refuerzos fibrosos en la matriz de PEEK puede optimizar la distribución de las tensiones tanto en el implante como en el pilar (9). El PEEK sin relleno presenta un módulo de elasticidad y una resistencia bajas. Se ha observado que la adición de entre un 30 % y un 50 % de fibras de carbono no afecta a la tensión en comparación con el PEEK sin relleno, pero un porcentaje superior al 50 % de fibras de carbono proporciona un módulo de elasticidad y una resistencia mayores que los compuestos de PEEK con un menor porcentaje de fibras de carbono (9). El aumento de fibras cortas de carbono (FC) hasta un 60 % produce una mayor distribución de la tensión a través del pilar y los implantes hacia el hueso. En consecuencia, el incremento de la cantidad de redes de fibras de carbono permite reforzar la resistencia y la rigidez de los compuestos de PEEK. Asimismo, la aplicación de recubrimientos de PEEK sobre estructuras de titanio puede contribuir a una mejor distribución de las tensiones, en particular en la zona de contacto entre el implante y el tejido óseo (15).

El módulo de elasticidad del PEEK reforzado con fibra de carbono y del PEEK reforzado con fibra de vidrio es similar al del hueso (figura 4), lo que garantiza una distribución

homogénea de la tensión en los tejidos circundantes. Además, es altamente biocompatible con dichos tejidos (17).

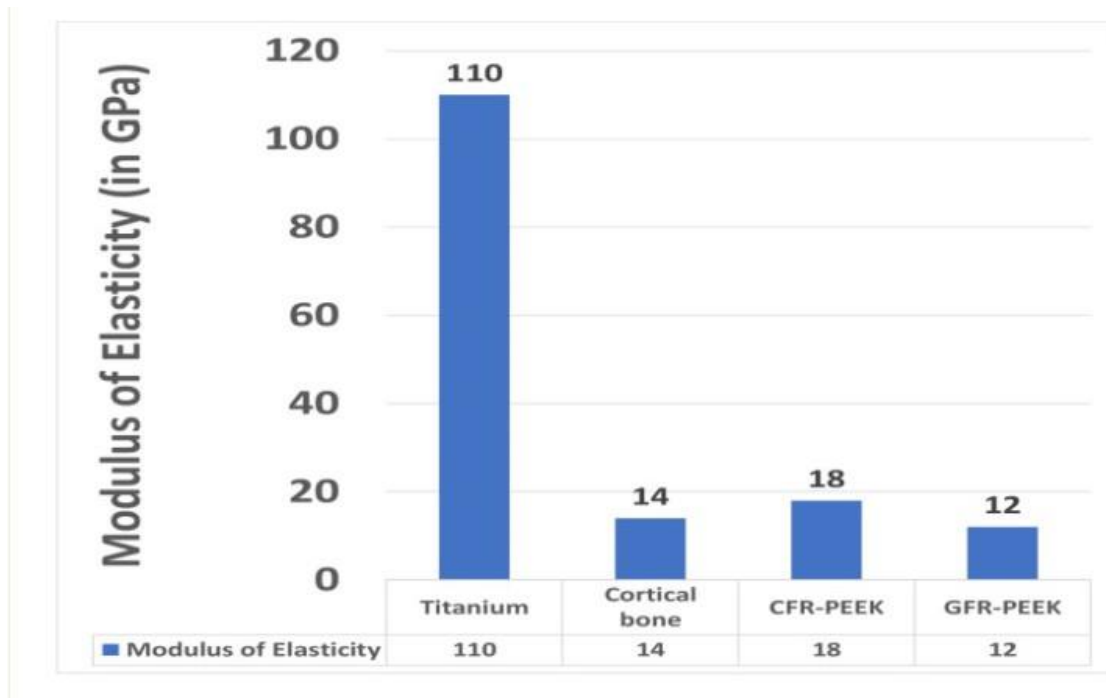


Figura N 4: Modulo de elasticidad del PEEK (17)

3.3.3.6 Propiedades Adhesivas

El PEEK presenta dificultades para adherirse a los composites de resina debido a su comportamiento inerte, baja energía superficial y resistencia a la modificación superficial.

a) Abrasión por partículas en el aire

La abrasión por partículas en el aire podría mejorar la microrrugosidad y el área superficial de unión, y simultáneamente limpiar la superficie, mejorando así la resistencia de la unión entre la resina de recubrimiento y el PEEK (24).

b) Tratamiento con plasma

Un tratamiento de plasma a baja presión tiene el efecto de grabar y eliminar partículas adherentes para limpiar la superficie y también afecta la estructura química del PEEK. El tratamiento de plasma mixto de hidrógeno-oxígeno 2/1 que combinó la acción del plasma de hidrógeno y oxígeno mejoró considerablemente la resistencia de la unión y las propiedades superficiales del material de implante PEEK, como su cristalinidad y microdureza superficial (1).

c) Grabado ácido

Para mejorar la resistencia de la unión del PEEK, se ha prestado atención a los tratamientos de grabado ácido. Los estudios demostraron que se podía obtener un rendimiento de unión favorable después del grabado ácido con ácido sulfúrico al 98 %. El PEEK puede ser tratado mediante grabado con ácido sulfúrico concentrado, lo que permite la generación de superficies altamente porosas y favorables para la adhesión, incrementando así la resistencia de la unión. No obstante, la utilización de ácido sulfúrico a concentraciones elevadas (98 %) conlleva riesgos significativos debido a su carácter altamente corrosivo, pudiendo ocasionar lesiones severas en la mucosa. Por lo tanto, esta deficiencia del ácido sulfúrico al 98% ha limitado su aplicación en la mejora del PEEK (25).

d) Tratamiento con láser

En un estudio se realizó el tratamiento láser con CO₂ obteniendo resultados negativos pues la superficie de PEEK no tuvo un cambio significativo. En otro estudio el uso de irradiación con láser de granate de itrio aluminio dopado con erbio (Er: YAG) proporcionó una superficie de unión más alta; por lo que podría ser un enfoque factible para mejorar las propiedades adhesivas de PEEK.

Además de los tratamientos con láser de CO₂ y Er: YAG, se ha propuesto utilizar un láser de ortovanadato de itrio dopado con neodimio (Nd: YVO₄) para tratar la superficie de PEEK, Se comenta que se pueden fabricar ranuras uniformes en la superficie de PEEK para mejorar significativamente la fuerza de unión entre la resina y el PEEK (22).

3.3.3.7 Aplicaciones clínicas

Implantología

- Implantes hechos de PEEK

Los implantes fabricados en PEEK han surgido como una alternativa para pacientes con bruxismo o con hipersensibilidad a los metales. Asimismo, sus destacadas propiedades mecánicas, su elevada biocompatibilidad y su estructura semicristalina rígida, con una dureza comparable a la del tejido óseo, han consolidado al PEEK como un biomaterial con gran potencial para aplicaciones en implantes ortopédicos (26).

No obstante, su bioinercia inherente produce escasa actividad osteogénica, lo que dificulta la integración estable con el hueso circundante y limita su uso como material implantológico (26).

En los últimos años, los investigadores han buscado mejorar la compatibilidad mecánica, así como las propiedades osteogénicas y antibacterianas del PEEK mediante refuerzo con fibras y modificaciones superficiales, con el fin de potenciar su capacidad de integración ósea in vivo. Las propiedades mecánicas y la biocompatibilidad del PEEK se pueden mejorar fabricando CFR-PEEK (PEEK reforzado con fibras de carbono) con diferentes longitudes y orientaciones de fibra, lo que ajusta su módulo elástico para acercarlo al del hueso (2).

Branemark introdujo el titanio como implantes dentales y se ha convertido en el material de elección. Las diferencias en el comportamiento mecánico entre el titanio y el tejido óseo pueden favorecer fenómenos como la reabsorción ósea y el efecto de apantallamiento de tensiones. Además, el titanio presenta una coloración metálica y no permite el paso de la luz, lo que limita su uso en zonas donde la estética es prioritaria. En este contexto, el PEEK se perfila como una posible alternativa al titanio. Se han creado modificaciones de la superficie del PEEK para potenciar la reacción celular (2).

Mediante análisis histológicos se descubrieron diferentes actividades tisulares y citocinas asociadas con la inflamación alrededor de diversos materiales de implante. Se ha observado que las concentraciones de fosfatasa alcalina y osteocalcina son más elevadas en las proximidades de las aleaciones de titanio-aluminio-vanadio; sin embargo, la presencia de ADN resulta menos evidente en las zonas adyacentes a los implantes de PEEK. Por otro lado, se ha reportado que los niveles de citocinas proinflamatorias, como IL-1 β , IL-6 e IL-8, son superiores alrededor de los implantes de PEEK y, en menor medida, en las aleaciones de titanio. En contraste, las aleaciones de titanio presentan concentraciones más altas de la citocina antiinflamatoria IL-10 en comparación con el PEEK. La producción de estas citocinas proinflamatorias es lo que conduce a la creación de tejido fibroso alrededor de los implantes de PEEK. No obstante, las superficies de las aleaciones de titanio ofrecen un entorno más favorable para la actividad osteogénica (17).

De hecho, son vitales más ensayos clínicos para concluir si los implantes de PEEK producen o no un menor blindaje contra el estrés que los implantes de titanio. (NAJEEB)

Se ha demostrado que recubrir PEEK con titanio mediante este método aumenta la hidrofiliidad, lo que conduce a una mayor proliferación celular (13).

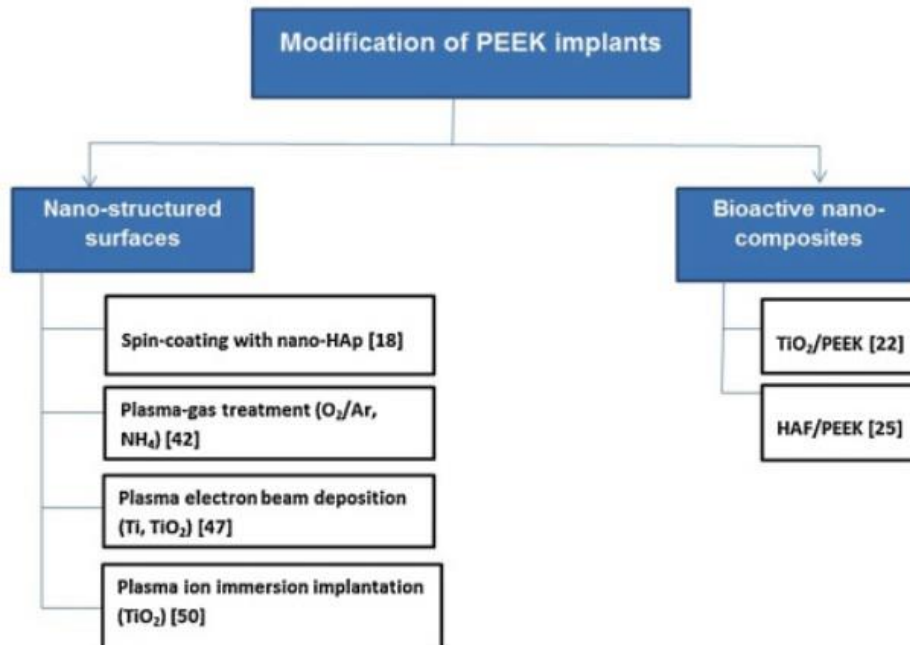


Figura N 5: Modificación de los implantes de PEEK (2)

- Pilares hechos de PEEK

Los pilares implantológicos (abutments) actúan como el elemento de unión entre el implante y la restauración protésica, atravesando directamente el tejido gingival, lo que exige elevados estándares de biocompatibilidad y cualidades estéticas del material empleado.

En la práctica clínica actual, el titanio y la zirconia son los materiales más utilizados para la fabricación de pilares, con resultados clínicos generalmente favorables. No obstante, durante el proceso restaurador pueden presentarse limitaciones tanto estéticas como mecánicas. En particular, los pilares metálicos resultan poco indicados en pacientes con biotipos gingivales delgados, debido a la posible translucidez y visibilidad del color metálico a través del tejido blando. Se ha demostrado que se requiere un grosor mínimo de 3 mm de tejido blando gingival para ocultar visualmente el color de los pilares metálicos.

En segundo lugar, la permanencia prolongada de los pilares metálicos en el entorno oral y su contacto continuo con la saliva pueden ocasionar alteraciones en la coloración del tejido gingival. En tercer lugar, si bien los pilares de zirconia proporcionan una ventaja

estética en comparación con los metálicos, tanto la zirconia como el titanio poseen módulos de elasticidad considerablemente superiores a los de los tejidos dentales.

Esto puede ocasionar la transferencia de fuerzas masticatorias excesivas al implante y al hueso maxilar, lo que potencialmente conduce a concentración de tensiones, escasa osteointegración y reabsorción del hueso alveolar (2).

El PEEK, gracias a su alta resistencia, baja densidad y módulo elástico similar al del hueso, además de ofrecer ventajas estéticas respecto a las aleaciones metálicas, puede actuar como un material alternativo para los pilares implantológicos, incluyendo pilares de cicatrización, provisionales y protésicos (2).

La evidencia disponible sugiere que los pilares de PEEK no tienen suficientes requisitos biomecánicos para reemplazar los pilares de titanio establecidos y el zirconio sigue siendo el material de pilar más biocompatible. No obstante, como se señaló previamente, los materiales basados en PEEK presentan beneficios particulares en determinadas aplicaciones clínicas, como las restauraciones provisionales en pacientes sin limitaciones funcionales y el diseño de perfiles de emergencia durante la fase quirúrgica, especialmente en rehabilitaciones implantoportadas sometidas a cargas de estrés reducidas (1).

Prostodoncia

- Aplicaciones clínicas del PEEK en coronas dentales:

Los materiales utilizados para la restauración con coronas dentales deben ofrecer estética, buena integridad marginal, alto ajuste interno y gran resistencia al desgaste. El PEEK se caracteriza por una adecuada estabilidad cromática, y su módulo de elasticidad junto con sus propiedades de resistencia a la tracción son comparables a las de la dentina. Asimismo, su elevada biocompatibilidad y su óptima capacidad de pulido contribuyen a reducir la adhesión de placa bacteriana (2).

Métodos de fabricación: En la actualidad, la producción de PEEK se realiza mediante procesos convencionales, tales como el moldeo por inyección, el prensado en caliente y el fresado, además de diversas técnicas de fabricación aditiva, incluida la impresión 3D. Dentro de los métodos tradicionales, el fresado se ha asociado con un mejor desempeño en la elaboración de coronas de PEEK.

A diferencia de los métodos tradicionales, la impresión 3D ofrece ventajas como: fabricación rápida, amplio rango de diseño, alta eficiencia en el uso del material.

Sin embargo, los materiales impresos en 3D presentan inevitablemente patrones escalonados tipo “staircase” en sus superficies, lo cual reduce su calidad superficial en comparación con técnicas convencionales.

Para superar estas limitaciones, los investigadores han desarrollado métodos de pos procesamiento y mecanizado híbrido, con el objetivo de mejorar la calidad superficial de los materiales impresos en 3D.

Por ejemplo, la fabricación híbrida aditiva–sustractiva combina la velocidad y libertad de diseño de la impresión 3D con el mecanizado sustractivo para eliminar los patrones escalonados (2).

- Aplicaciones clínicas del PEEK en coronas por perno-muñon

Los materiales comúnmente utilizados para postes endodónticos en la práctica clínica incluyen metales, fibra de vidrio y fibra de cuarzo.

Los postes metálicos convencionales se caracterizan por una elevada resistencia a la fractura; no obstante, su alto módulo de elasticidad puede provocar una distribución no homogénea de las tensiones en el interior de la raíz, incrementando así la probabilidad de fracturas radiculares.

Los postes de fibra, conocidos por su buena estética y su módulo elástico menor que el de los metales, son preferidos en restauraciones estéticas. El PEEK, cuyo módulo elástico es similar al de la dentina y cuyas propiedades mecánicas son comparables a las de los postes de fibra, además de mostrar excelente resistencia a la fatiga, se considera una alternativa prometedora a los postes de fibra (2) (Tabla 3).

Material	Density (g/cm ³)	Martens Hardness (HM,N/mm ²)	Tensile Strength (MPa)	Elastic Modulus (GPa)	Bending Strength (MPa)
Cortical bone	1.92		104-121	6-30	225
Dentin	3.3	468.2±30.77	104	12-18.6	
Dental enamel		2263.6±405.16	47.5	40-83	
Titanium	4.5	300-400	954-976	102-110	
Ti-6Al-4V				113±3	
Co-Cr	6.5	1200	680	205	800-1400
PMMA	1.18	180	48-76	3.6	95-105
PEEK	1.3	189.55±16.89	87.53-100	3-4	99.25-170
Zirconia	5-6.15		115-711	100-250	

Ti-6Al-4V: titanium-aluminum-vanadium, Co-Cr: cobalt-chromium, PMMA: polymethylmethacrylate.

Tabla N 3 Comparación de distintas propiedades (2)

Además, compuestos de fibras de carbono como refuerzo y PEEK como matriz demostraron ser adecuados para postes endodónticos. Los resultados mostraron que los postes de CFR-PEEK generaron las menores tensiones von Mises en la dentina.

Mejorar la fuerza adhesiva entre los postes de PEEK y la dentina del conducto radicular sigue siendo un desafío.

Sin embargo, se ha encontrado que los tratamientos superficiales adecuados y la selección correcta de adhesivos pueden mejorar de forma significativa la adhesión entre PEEK y dentina (2).

Las estrategias actuales para mejorar la adhesión del PEEK incluyen métodos químicos y mecánicos:

Tratamientos químicos

- El tratamiento mediante grabado con ácido sulfúrico incrementa la rugosidad de la superficie y favorece la generación de enlaces químicos.
- El ácido sulfúrico al 98% mostró los resultados más efectivos.
- Visio.link, un promotor químico de unión, mejora significativamente la fuerza adhesiva.

Tratamientos mecánicos

- Arenado (sandblasting).
- Tratamientos con láser: aumentan la rugosidad y mejoran la interdigitación micromecánica.

Tratamiento con plasma: Incrementa la hidrofiliidad, y aumenta la energía superficial, lo que mejora notablemente las propiedades adhesivas del PEEK (2).

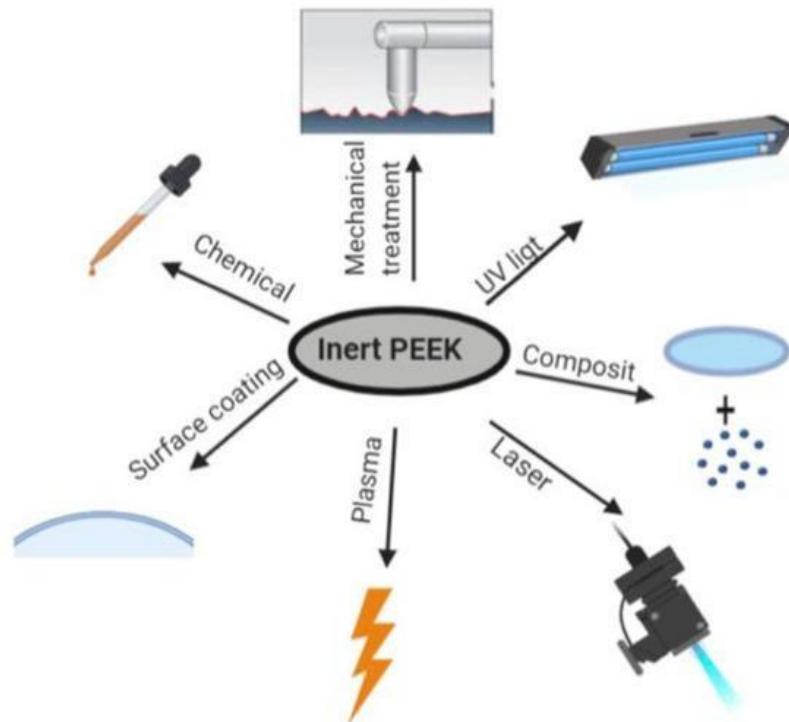


Figura N 6: Estrategias para mejorar la adhesión (2).

- Aplicaciones clínicas del PEEK en prótesis fijas

Los materiales actualmente utilizados para prótesis parciales fijas son principalmente aleaciones metálicas y cerámicas. No obstante, las aleaciones metálicas pueden mostrar una biocompatibilidad limitada, además de presentar riesgos de reacciones alérgicas y procesos de corrosión. Las cerámicas son frágiles y susceptibles a fracturas bajo impactos fuertes. Estas restricciones disminuyen el desempeño clínico de ambos materiales.

En cambio, el PEEK ha evidenciado beneficios relevantes para su aplicación en la confección de prótesis parciales fijas (2).

El PEEK se caracteriza por una biocompatibilidad elevada, lo que reduce de manera significativa la probabilidad de reacciones alérgicas. Aunque su módulo elástico y dureza son menores que los de las aleaciones metálicas, exhibe excelente resistencia al desgaste y ha mostrado buenos resultados en durabilidad, adaptación marginal, retención y mantenimiento de la salud periodontal en restauraciones fijas (2).

- Aplicaciones clínicas del PEEK en prótesis parciales removibles

Los armazones convencionales de las prótesis parciales removibles suelen fabricarse a partir de aleaciones de cobalto-cromo. No obstante, estas pueden generar: reacciones alérgicas, estética deficiente, presencia de microcorrientes galvánicas.

PEEK mejora la comodidad del paciente gracias a su buena estética y baja densidad, lo que reduce la sensación metálica y el riesgo de alergias. Aunque se requiere más evidencia clínica, estudios han demostrado que las bases de PEEK presentan excelentes propiedades mecánicas, no muestran tendencia a fracturarse bajo carga oclusal y ofrecen buena retención.

También evaluaron la retención y deformación de retenedores (ganchos) en PEEK comparados con los de cobalto-cromo. PEEK mostró menor deformación, con fuerza retentiva comparable a la del metal, lo que lo convierte en una alternativa estética viable (2).

3.3.3.8 Ventajas clínicas

- Alta resistencia mecánica
- Elasticidad similar al hueso
- Resistencia química y térmica
- Bajo peso
- Procesabilidad CAD/CAM
- Resiste esterilizaciones repetidas
- Biocompatible (no citotóxico ni mutagénico)
- Baja afinidad a la placa
- Buena estética
- Resistencia a fatiga
- Alta estabilidad frente a humedad
- Radiolúcido
- Amortiguación del impacto
- Alternativa hipoalérgica al metal
- Flexibilidad útil en prótesis
- Mejora de adhesión con tratamientos
- Mayor resistencia comparada con PMMA y poliamidas
- Compatible con recubrimientos bioactivos
- Resistencia de superficie que permite microretenciones

3.3.3.9 Limitaciones y desafíos actuales

El PEEK sigue despertando un creciente interés en múltiples áreas gracias a sus propiedades favorables en distintos contextos de aplicación. No obstante, las investigaciones actuales han puesto de manifiesto diversas limitaciones que restringen su uso en ciertos ámbitos. Frente a ello, los estudios se centran en el desarrollo de estrategias, principalmente a través de modificaciones superficiales, con el objetivo de superar dichas restricciones. Las siguientes subsecciones revisan las principales limitaciones y los esfuerzos realizados para superarlas (27).

- Hidrofilicidad
- Modificaciones físicas
- Modificaciones químicas
- Bioactividad

IV. RESULTADOS DE LOS ARTÍCULOS

La presente investigación sobre las aplicaciones clínicas del poliéter-éter-cetona (PEEK) en odontología se sustenta con evidencia científica que hay que reconocer a este polímero como uno de los biomateriales más prometedores principalmente en implantología y prostodoncia.

Tanto los hallazgos de Chen et al. (2023) como los de Zhang et al. (2025) coinciden en que el poliéter éter cetona presenta propiedades mecánicas y de biocompatibilidad que lo hacen una opción prometedora para la odontología moderna, particularmente debido a su módulo elástico más cercano al del hueso y su estabilidad química. Sin embargo, mientras que Chen et al. (2023) documentan avances técnicos importantes en impresión 3D de PEEK y en modificaciones multifuncionales (antibacterianas, osteogénicas y angiogénicas) que mejoran los resultados preclínicos, Zhang et al. (2025) señalan que la evidencia clínica a largo plazo sigue siendo escasa y que existe heterogeneidad metodológica en los estudios publicados. Por lo tanto, aunque las innovaciones materiales y de fabricación muestran un claro potencial, la adopción clínica generalizada requiere ensayos clínicos controlados, protocolos de modificación estandarizados y evaluaciones a largo plazo para confirmar seguridad y eficacia.

Así mismo los hallazgos de Chen et al. (2023) representan el análisis más avanzado y exhaustivo del PEEK en implantología moderna, destacando que la impresión 3D constituye hoy la vía de fabricación más prometedora para optimizar tanto la arquitectura como la personalización de los implantes.

En contraste, revisiones más tempranas como las de Skirbutis et al. (2018) y Najeeb et al. (2016) aportan un enfoque más conservador, describiendo al PEEK como un material mecánicamente adecuado para diversas aplicaciones odontológicas, pero destacando la falta de evidencia suficiente respecto a la bioactividad intrínseca del material. Resulta interesante observar cómo la evolución temporal de los estudios muestra un desplazamiento desde una visión moderadamente escéptica en 2016–2018 hacia un enfoque más optimista y funcional en estudios posteriores (2022–2025). Esto sugiere un progreso sustancial en las tecnologías de modificación superficial y en los métodos de procesamiento del PEEK.

Por otra parte, las revisiones sistemáticas orientadas a su uso en componentes específicos de los implantes, como la de Ghazal-Maghras et al. (2022) sobre pilares de PEEK, ofrecen una perspectiva fundamentalmente pragmática. Sus resultados muestran que, si bien el PEEK puede ser empleado como pilar provisional; especialmente en zonas estéticas; no cumple aún con los requisitos biomecánicos para reemplazar al titanio como pilar definitivo. Esta interpretación contrasta con los estudios más recientes citados por Suphangul et al. (2022), quienes plantean que el PEEK reforzado con 30–50% de fibras de carbono podría llegar a ser un sustituto clínicamente viable para ciertos componentes implantológicos, incluyendo restauraciones provisionales de larga duración.

Asimismo, los análisis sobre adhesión y tratamientos superficiales, como la revisión exhaustiva realizada por Soares Machado et al. (2022), son consistentes con la idea de que la principal limitación del PEEK es su superficie químicamente inerte. La evidencia recopilada en dicho estudio establece que métodos como el grabado con ácido sulfúrico y la abrasión con partículas de alúmina, seguidos del uso de adhesivos con MMA, PETIA y dimetacrilatos, constituyen las alternativas más eficaces para mejorar la adhesión a materiales resinosos. Esto es crucial para aplicaciones protésicas y restauradoras, y complementa las conclusiones de Akay y Ersöz (2020), quienes también identifican la modificación superficial como el mayor desafío técnico vigente.

De acuerdo con los estudios de Najeeb et al. (2016) y Zhang et al. (2025), ambos coinciden en que el PEEK puede emplearse exitosamente como material para coronas, puentes y estructuras de prótesis removibles, lo cual se atribuye a su baja densidad, su módulo elástico cercano al del hueso cortical y su adecuada resistencia mecánica. Estas propiedades permiten la elaboración de prótesis más ligeras y con mejor distribución de tensiones, además de integrarse eficientemente dentro de los flujos digitales CAD/CAM, optimizando la fabricación y la precisión de ajuste. Sin embargo, ambos autores son consistentes al señalar que persiste incertidumbre respecto al comportamiento a largo plazo del PEEK en condiciones oclusales, particularmente en relación con el desgaste y la estabilidad de las capas estéticas o recubrimientos aplicados sobre su superficie.

Del mismo modo, Suphangul et al. (2022) y Bathala et al. (2019) evidencian que el PEEK constituye una alternativa viable para la confección de restauraciones provisionales en implantología y prótesis temporales de larga duración, debido a su elevada biocompatibilidad, estabilidad fisicoquímica y aceptable comportamiento estético. No obstante, ambos autores enfatizan que la estabilidad cromática y la durabilidad estética

del material están estrechamente condicionadas por el sistema de estratificación empleado y por los tratamientos superficiales previos, los cuales influyen de manera determinante en la adhesión, la resistencia al desgaste y el mantenimiento del brillo superficial.

En conjunto, la literatura muestra una tendencia consistente: el PEEK presenta cualidades mecánicas y biológicas que lo hacen adecuado para múltiples aplicaciones protésicas y restauradoras, pero cada una de ellas presenta desafíos particulares aún no resueltos. Los provisionales e infraestructuras removibles poseen mayor respaldo clínico en cuanto a confort y funcionalidad; los postes y prótesis fijas se benefician mecánicamente del módulo elástico favorable, pero dependen críticamente de la calidad de los protocolos adhesivos; y en todos los casos persiste la necesidad de estudios clínicos longitudinales que permitan determinar con claridad la durabilidad a largo plazo del material.

Finalmente, los estudios coinciden en señalar la importancia de la modificación superficial como elemento transversal imprescindible para optimizar la adhesión, la estética y el comportamiento biomecánico del PEEK, tanto en restauraciones provisionales como en postes y estructuras protésicas. Sin embargo, la heterogeneidad metodológica y la falta de estandarización impiden establecer conclusiones definitivas, lo que constituye una de las principales limitaciones de la evidencia disponible y un punto crítico para futuras investigaciones. Así como, los estudios revisados también señalan limitaciones importantes que deben ser consideradas para interpretar críticamente su potencial real y su viabilidad de uso clínico a largo plazo.

V. CONCLUSIONES

- Se concluye que el PEEK tiene múltiples aplicaciones clínicas. Las principales son: Implantes y pilares de implantes, especialmente provisionales; coronas y prótesis fijas mediante CAD/CAM; postes personalizados y armazones de prótesis removibles.
- El PEEK es un biomaterial con propiedades mecánicas altamente compatibles con los tejidos dentales y óseos, apto para restauraciones provisionales y algunos casos seleccionados de prótesis definitivas gracias a sus propiedades mecánicas principalmente su modulo de elasticidad, su bajo peso y su elevada resistencia química y térmica
- De acuerdo a su baja energía superficial e hidrofobicidad genera adhesión limitada desarrollándose diversos métodos como: Abrasión por partículas en el aire, tratamiento con plasma, grabado ácido y tratamiento con láser, para poder lograr su éxito.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Luo C, Liu Y, Peng B, Chen M, Liu Z, Li Z, et al. PEEK for Oral Applications: Recent Advances in Mechanical and Adhesive Properties. *Polymers*. 11 de enero de 2023;15(2):386.
2. Zhang Y, Zhang W, Yang M, Li M, Zhou L, Liu Y, et al. Comprehensive review of polyetheretherketone use in dentistry. *J Prosthodont Res*. 2025;69(2):215-32.
3. Direk A, Tekin S, Khurshid Z. Fracture strength of cad-cam milled polyetheretherketone (PEEK) post-cores vs conventional post-cores; an *in vitro* study. *PeerJ*. 5 de septiembre de 2024;12:e18012.
4. Wimmer T, Huffmann AMS, Eichberger M, Schmidlin PR, Stawarczyk B. Two-body wear rate of PEEK, CAD/CAM resin composite and PMMA: Effect of specimen geometries, antagonist materials and test set-up configuration. *Dent Mater*. junio de 2016;32(6):e127-36.
5. V Silva Júnior E, T Basting R, P Turssi C, Mg França F. Precision of polyether ether ketone (PEEK) or cobalt-chrome implant bar fit to implants after mechanical cycling. *Acta Odontológica Latinoam*. 28 de agosto de 2023;36(2):71-7.
6. Papathanasiou I, Kamposiora P, Papavasiliou G, Ferrari M. The use of PEEK in digital prosthodontics: A narrative review. *BMC Oral Health*. diciembre de 2020;20(1):217.
7. Peng TY, Shih YH, Hsia SM, Wang TH, Li PJ, Lin DJ, et al. In Vitro Assessment of the Cell Metabolic Activity, Cytotoxicity, Cell Attachment, and Inflammatory Reaction of Human Oral Fibroblasts on Polyetheretherketone (PEEK) Implant–Abutment. *Polymers*. 3 de septiembre de 2021;13(17):2995.
8. Rodríguez V, Tobar C, López-Suárez C, Peláez J, Suárez MJ. Fracture Load of Metal, Zirconia and Polyetheretherketone Posterior CAD-CAM Milled Fixed Partial Denture Frameworks. *Materials*. 18 de febrero de 2021;14(4):959.
9. Knaus J, Schaffarczyk D, Cölfen H. On the Future Design of Bio-Inspired Polyetheretherketone Dental Implants. *Macromol Biosci*. enero de 2020;20(1):e1900239.
10. Bertotti K, Mwenge-Wambel J, Sireix C, Hüe O, Jeannin C, Grosogeat B. Accurate analysis of titanium and PolyEtherEtherKetone materials as an alternative to cobalt-chrome framework in removable partial denture: A systematic review. *Dent Mater*. noviembre de 2024;40(11):1854-61.
11. Chen M, Ren M, Shi Y, Liu X, Wei H. State-of-the-art polyetheretherketone three-dimensional printing and multifunctional modification for dental implants. *Front Bioeng Biotechnol*. 19 de octubre de 2023;11:1271629.
12. Skirbutis G, Dzingutė A, Masiliūnaitė V, Šulcaitė G, Žilinskas J. A review of PEEK polymer's properties and its use in prosthodontics. *Stomatologija*. 2017;19(1):19-23.

13. Najeeb S, Zafar MS, Khurshid Z, Siddiqui F. Applications of polyetheretherketone (PEEK) in oral implantology and prosthodontics. *J Prosthodont Res.* enero de 2016;60(1):12-9.
14. Ghazal-Maghras R, Vilaplana-Vivo J, Camacho-Alonso F, Martínez-Beneyto Y. Properties of polyetheretheretherketone (PEEK) implant abutments: A systematic review. *J Clin Exp Dent.* 2022;e349-58.
15. Suphangul S, Rokaya D, Kanchanasobhana C, Rungsiyakull P, Chaijareenont P. PEEK Biomaterial in Long-Term Provisional Implant Restorations: A Review. *J Funct Biomater.* 22 de marzo de 2022;13(2):33.
16. Bathala L, Department of Prosthodontics, Lenora Institute of Dental Sciences, Rajahmundry, India, Lakshmana Bathala Professor & HOD, Department of Prosthodontics, Lenora Institute of Dental Sciences, Rajahmundry, A.P., India Postal Code: 533294. Tel.: +919618652723 E-mail: kushulubathala@gmail.com, Majeti V, Department of Oral & Maxillofacial Surgery, Lenora Institute of Dental Sciences, Rajahmundry, India, Rachuri N, et al. The Role of Polyether Ether Ketone (Peek) in Dentistry – A Review. *J Med Life.* enero de 2019;12(1):5-9.
17. Parate KP, Naranje N, Vishnani R, Paul P. Polyetheretherketone Material in Dentistry. *Cureus [Internet].* 4 de octubre de 2023 [citado 21 de noviembre de 2025]; Disponible en: <https://www.cureus.com/articles/176769-polyetheretherketone-material-in-dentistry>
18. Akay C, Ersöz MB. PEEK in dentistry, properties and application areas. *Int Dent Res.* 31 de agosto de 2020;10(2):60-5.
19. Surface Treatments and Adhesives Used to Increase the Bond Strength Between Polyetheretherketone and Resin-based Dental Materials: A Scoping Review. *J Adhes Dent.* 20 de junio de 2022;24(1):233-45.
20. Ramos M. Los Biomateriales Dentales en la Odontología Actual. 2024;
21. Alqutaibi AY, Baik A, Almuzaini SA, Farghal AE, Alnazzawi AA, Borzangy S, et al. Polymeric Denture Base Materials: A Review. *Polymers.* 31 de julio de 2023;15(15):3258.
22. Sanchez Arenas A. Polieter eter cetona (PEEK): Su aplicacion en el campo odontologico. [Mexico]: Nacional Autonoma de Mexico; 2021.
23. Ma R, Tang T. Current Strategies to Improve the Bioactivity of PEEK. *Int J Mol Sci.* 28 de marzo de 2014;15(4):5426-45.
24. Surface Treatments and Adhesives Used to Increase the Bond Strength Between Polyetheretherketone and Resin-based Dental Materials: A Scoping Review. *J Adhes Dent.* 20 de junio de 2022;24(1):233-45.
25. Qin L, Yao S, Zhao J, Zhou C, Oates TW, Weir MD, et al. Review on Development and Dental Applications of Polyetheretherketone-Based Biomaterials and Restorations. *Materials.* 15 de enero de 2021;14(2):408.

26. Win PP, Moe OG, Chen DDS, Peng TY, Cheng JHC. A Comparative Analysis of Mechanical Properties of Polyetheretherketone (PEEK) vs. Standard Materials Used in Orthodontic Fixed Appliances: A Systematic Review. *Polymers*. 2 de mayo de 2024;16(9):1271.
27. Dallal S, Eslami B, Tiari S. Recent Advances in PEEK for Biomedical Applications: A Comprehensive Review of Material Properties, Processing, and Additive Manufacturing. *Polymers*. 17 de julio de 2025;17(14):1968.