

REHABILITACIÓN SOBRE IMPLANTES: ESTRATEGIAS Y TÉCNICAS PARA RESTAURACIONES DEFINITIVAS



Od. Lourdes Elizabeth Menéndez Oña. Esp.
Od. Edison Andrés Flores Mejía
Od. Roger Iván Guerrero Naranjo. Esp.
Od. María José Andrade Ortiz. Esp

Editado y distribuido por

CASA EDITORA DEL POLO

Manta, Manabí, Ecuador 2025

Correo electrónico: revistapolodelco@gmail.com

Hecho el Depósito de Ley.

Depósito Legal:

ISBN: 978-9942-684-57-8

Serie: Odontología

**REHABILITACIÓN SOBRE IMPLANTES: ESTRATEGIAS Y TÉCNICAS PARA
RESTAURACIONES DEFINITIVAS**

Autores:

Od. Lourdes Elizabeth Menéndez Oña. Esp.

uq.lourdesmo79@uniandes.edu.ec

<https://orcid.org/0000000161578365>

Od. Edison Andrés Flores Mejía

uq.ed.sonfm26@uniandes.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-4588-425X>

Od. Roger Iván Guerrero Naranjo. Esp.

uq.rogern80@uniandes.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-2717-5471>

Od. María José Andrade Ortiz. Esp.

uq.marlaao93@uniandes.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0004-7100-0558>

Todas las obras publicadas por la Casa Editora del Polo se someten previamente a un riguroso proceso de evaluación académica llevado a cabo por pares expertos debidamente acreditados. Esta obra está destinada exclusivamente al uso personal y colectivo en actividades de carácter académico, investigativo, formativo y de divulgación científica.

Esta obra está bajo una licencia internacional

Revisión, Ortografía y Redacción:

Lcda. Thalía Cifuentes Rojas. MSc.

Diseño de portada:

Lcda. Rosa Mariela Arce Macías MSc.

Diagramación:

Ing. Gabriela Almache Granda MSc.

CONSTANCIA DE ARBITRAJE ACADÉMICO PARA PUBLICACIÓN EN FORMATO DIGITAL

La Casa Editora del Polo certifica que el manuscrito presentado para su publicación en formato digital ha sido sometido a un proceso de arbitraje académico exhaustivo, conforme a los estándares internacionales de evaluación por pares.

El proceso fue desarrollado por evaluadores externos con formación doctoral, seleccionados por su solvencia académica, producción científica y experticia disciplinar. La evaluación se llevó a cabo bajo la modalidad de arbitraje doble ciego, asegurando la independencia, transparencia e imparcialidad de los dictámenes.

Los especialistas designados analizaron de manera sistemática los siguientes criterios:

- Solidez metodológica y coherencia epistemológica,
- Pertinencia, vigencia y profundidad del marco teórico,
- Originalidad, aporte científico y relevancia para el campo de estudio,
- Consistencia argumentativa, claridad expositiva y estructura lógica del texto,
- Cumplimiento de estándares editoriales, éticos y de calidad académica,
- Adecuación del contenido a los requisitos técnicos para su difusión digital.

Tras concluir el proceso de evaluación, el manuscrito obtuvo un dictamen favorable, condicionado a la incorporación de las recomendaciones formuladas por los árbitros, las cuales fueron atendidas satisfactoriamente por los autores.

Comité Editorial

**RESOLUCIÓN DEL RECTORADO DE LA
UNIVERSIDAD REGIONAL AUTÓNOMA DE LOS ANDES (UNIANDES)**

Considerando

Que, la Od. Lourdes Elizabeth Menéndez Oña, Esp.; el Od. Edison Andrés Flores Mejía, Esp.; el Od. Roger Iván Guerrero Naranjo, Esp.; y la Od. María José Andrade Ortiz, Esp., han desempeñado importantes funciones como profesores en la Universidad Regional Autónoma de Los Andes (UNIANDES).

Que, en el desempeño de sus funciones han demostrado capacidad profesional, eficiencia, y lealtad institucional, constituyéndose en docentes e investigadores que han propiciado el desarrollo y fortalecimiento de la UNIANDES.

Que, en el período de sus ejercicios docentes han demostrado un alto nivel de conocimientos, excelentes métodos pedagógicos y el nexa hacia sus estudiantes, por lo que han sido y son estimados y respetados en el campo académico de nuestra universidad.

Que, la Ley Orgánica de Educación Superior (LOES) prevé que las Instituciones de Educación Superior deben incentivar a sus docentes y docentes investigadores en la generación de obras de carácter científico relevante para el desempeño de sus actividades, y por ende este Rectorado apoya a los distintos docentes y profesionales administrativos para que desarrollen y publiquen obras en el contexto de su gestión.

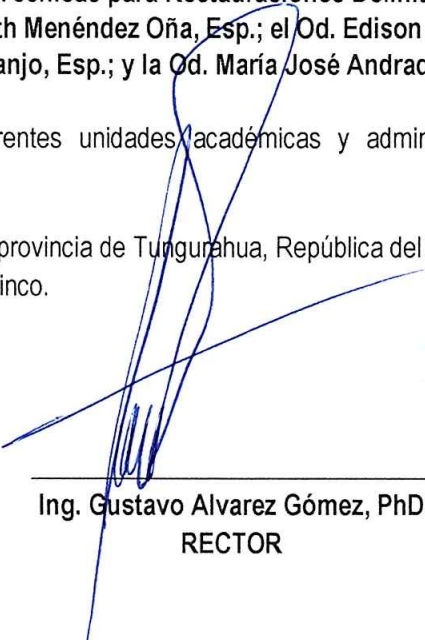
Que, la UNIANDES ha presentado los informes técnicos favorables (avales de pares) para que se impulse el desarrollo investigativo, la elaboración del contenido y la publicación de la obra **“Rehabilitación sobre Implantes: Estrategias y Técnicas para Restauraciones Definitivas”**, la cual puede convertirse en un aporte para la comunidad científica universitaria.

Por tanto, el Rectorado de conformidad al art. 48 de la Ley Orgánica de Educación Superior y en concordancia con el art. 34 del Estatuto de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes (UNIANDES):

RESUELVE:

- 1) Auspiciar y conceder el aval académico de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes (UNIANDES) en favor de la investigación, desarrollo y publicación de la obra **“Rehabilitación sobre Implantes: Estrategias y Técnicas para Restauraciones Definitivas”**, cuya autoría le corresponde a: la Od. Lourdes Elizabeth Menéndez Oña, Esp.; el Od. Edison Andrés Flores Mejía, Esp.; el Od. Roger Iván Guerrero Naranjo, Esp.; y la Od. María José Andrade Ortiz, Esp.
- 2) Comuníquese a las diferentes unidades académicas y administrativas para los fines legales pertinentes.

Dado en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, República del Ecuador, a los veinte días del mes de diciembre del dos mil veinticinco.


Ing. Gustavo Alvarez Gómez, PhD
RECTOR



UNIVERSIDAD REGIONAL AUTÓNOMA DE LOS ANDES “UNIANDES”
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
INFORME DEL EVALUADOR DE LIBROS

Nombre y apellidos del evaluador: Lcda. Rosa María Chicaiza Chicaíza

Grado académico: Master.

Institución donde labora: Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Cargo o función que desempeña: Docente Coordinadora de Carrera

Título del libro: Rehabilitación Sobre Implantes: Estrategias y Técnicas para Restauraciones Definitivas

Criterio	Mal	Regular	Bien	Excelente
1. El tema tratado es de actualidad e importancia para la ciencia específica.				X
2. La extensión del libro es adecuada				X
3. El análisis teórico es actualizado (más del 50% de las referencias son de los últimos cinco años)				X
4. El libro denota un aporte a la disciplina que aborda				X
5. Está bien fundamentada la teoría incluida en el libro				X
6. Se evidencia objetividad en los temas tratados				X
7. Aborda las corrientes principales de la ciencia específica				X
8. Los datos abordados en el libro se encuentran validados por métodos que lo fundamentan.				X
9. La redacción y ortografía son buenas.				X
10. Existe relación entre el título y los aspectos abordados en el libro.				X
11. Los cuadros, tablas y figuras tienen buena calidad.				X

Aspectos a comentar.

Comente en una o varias hojas los siguientes elementos relacionados con el libro.

- Actualidad e importancia del libro.
- Aporte al estudio de la ciencia específica que trata.
- Objetividad de la información presentada
- Actualidad de las citas y referencias bibliográficas.
- Validez de los datos incluidos en el libro.

Finalmente marque con una X su criterio general sobre la obra analizada

Publicar de manera directa	X
Publicar con adecuaciones menores (hasta 30 días para solucionar)	
Publicar con adecuaciones mayores (hasta 90 días para solucionar)	
No publicar	



Firmado electrónicamente por:
**ROSA MARIA
CHICAIZA CHICAIZA**
Validar únicamente con FirmaSC

Firma: _____

Lcda. Rosa María Chicaiza Chicaíza. MSc.

Fecha: 20 de marzo de 2026.



UNIVERSIDAD REGIONAL AUTÓNOMA DE LOS ANDES “UNIANDES”

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN INFORME DEL EVALUADOR DE LIBROS

Nombre y apellidos del evaluador: Od. Cristian Antonio Bajaan Rugel. Esp.

Grado académico: Doctor

Institución donde labora: Universidad Técnica Estatal de Guayaquil.

Cargo o función que desempeña: Docente.

Título del libro: Rehabilitación Sobre Implantes: Estrategias y Técnicas para Restauraciones Definitivas

Criterio	Mal	Regular	Bien	Excelente
12. El tema tratado es de actualidad e importancia para la ciencia específica.				X
13. La extensión del libro es adecuada				X
14. El análisis teórico es actualizado (más del 50% de las referencias son de los últimos cinco años)				X
15. El libro denota un aporte a la disciplina que aborda				X
16. Está bien fundamentada la teoría incluida en el libro				X
17. Se evidencia objetividad en los temas tratados				X
18. Aborda las corrientes principales de la ciencia específica				X
19. Los datos abordados en el libro se encuentran validados por métodos que lo fundamentan.				X
20. La redacción y ortografía son buenas.				X
21. Existe relación entre el título y los aspectos abordados en el libro.				X
22. Los cuadros, tablas y figuras tienen buena calidad.				X

Aspectos a comentar.

Comente en una o varias hojas los siguientes elementos relacionados con el libro.

- f) Actualidad e importancia del libro.
- g) Aporte al estudio de la ciencia específica que trata.
- h) Objetividad de la información presentada
- i) Actualidad de las citas y referencias bibliográficas.
- j) Validez de los datos incluidos en el libro.

Finalmente marque con una X su criterio general sobre la obra analizada

Publicar de manera directa	X
Publicar con adecuaciones menores (hasta 30 días para solucionar)	
Publicar con adecuaciones mayores (hasta 90 días para solucionar)	
No publicar	



Firmado electrónicamente por:
CRISTIAN ANTONIO
BAJAÑA RUGEL
Validar únicamente con FirmaEC

Firma: _____
Dr. Cristian Antonio Bajaan Rugel. Esp.

Fecha: 15 de abril de 2026.

CONTENIDO

- Prólogo
- Introducción

CAPÍTULO 1. Fundamentos y Planificación en la Rehabilitación Implantológica

- Principios biológicos de la osteointegración
- Evaluación diagnóstica integral
- Arquitectura periimplantaria
- Planificación tridimensional del tratamiento
- Selección adecuada del caso clínico



CAPÍTULO 2. Restauraciones Definitivas

- Métodos y protocolos restauradores
- Materiales y componentes protésicos
- Restauraciones cementadas vs atornilladas
- Ajuste pasivo y control oclusal
- Verificación radiográfica
- Integración funcional definitiva



CAPÍTULO 3. Innovación Tecnológica en la Rehabilitación Implantológica

- CAD/CAM en implantología
- Integración de CBCT y escaneo intraoral
- Impresión 3D y fabricación aditiva
- Precisión digital y márgenes de error
- Inteligencia artificial aplicada
- Flujo digital integrado



CAPÍTULO 4

Protocolos Quirúrgicos y Protocolo de Carga

- Técnicas quirúrgicas
- Protocolos de carga



CAPÍTULO 5. Casos Clínicos, Complicaciones y Perspectivas Futuras

- Casos clínicos
- Manejo estructurado de complicaciones
- Tendencias emergentes y perspectivas futuras



- Referencias

PRÓLOGO

La rehabilitación implantológica contemporánea se ha consolidado como uno de los enfoques más complejos y transformadores dentro de la odontología moderna. Su evolución no solo responde a los avances tecnológicos de materiales y técnicas, sino también a una comprensión más profunda y global de los principios biológicos, la integración funcional, la estética individual y la armonización de los objetivos clínicos. Este crecimiento ha sido posible gracias al aporte de nuevas evidencias, instrumentos de alta precisión e imágenes que redefinen el diagnóstico, la planificación y la práctica clínica.

En este contexto, la presente obra reúne conocimientos esenciales, fundamentados en experiencias clínicas y en investigación actual, dirigida a profesionales que buscan una visión integral y actualizada de cómo el implante, los huesos, los tejidos y los componentes protésicos interactúan en la provisión de tratamientos funcionales, predecibles y estéticos de larga duración. La comprensión de la relación implante-hueso a lo largo del tiempo, la correcta selección de materiales y sistemas, el dominio de procedimientos quirúrgicos y protésicos, y la aplicación de un enfoque centrado en el paciente son pilares indispensables para alcanzar resultados que optimicen tanto la forma como la función de los tratamientos.

Uno de los aspectos más relevantes de la obra es su énfasis en la planificación tridimensional y digital, que integran la imagen precisa en la decisión clínica. Estos principios han transformado significativamente nuestra forma de evaluar los casos, diseñar soluciones individualizadas y anticipar los resultados. Este avance nos permite no solo mejorar la interacción entre equipos multidisciplinarios y especialistas, sino también ofrecer tratamientos optimizados que se ajustan de manera más precisa a las necesidades biológicas, funcionales y estéticas de cada paciente. El libro profundiza en la aplicación de estas técnicas, mostrando cómo la cirugía y la protodoncia se fundamentan en procesos digitales seguros, en la precisión clínica avanzada y en la elección criteriosa y personalizada de materiales restauradores, componentes protésicos y protocolos alineados con evidencia científica. Así, la rehabilitación protésica alcanza un nivel holístico, anticipándose y maximizando la estabilidad, la eficiencia masticatoria y el confort fisiológico basado en evidencia.

En un segundo plano, la obra aborda de manera detallada los fundamentos biológicos y biomecánicos que sustentan las rehabilitaciones sobre implantes. La integración de estos principios en la práctica clínica concreta un vínculo indisoluble entre conocimiento biomédico y resultados clínicos. La comprensión de las interacciones entre el implante, el hueso y los tejidos blandos, junto al dominio de las fuerzas oclusales y funcionales, orientan el diseño terapéutico personalizado, reduciendo riesgos y mejorando los resultados a largo plazo. Este es un enfoque que proporciona al profesional las herramientas necesarias para anticipar escenarios complejos, planificar soluciones avanzadas y seleccionar los mejores recursos para optimizar cada caso.

En definitiva, la presente obra refleja el compromiso unificador de un equipo con la excelencia científica y la formación de profesionales capaces de un criterio integral, sólido y actualizado de la implantología contemporánea. Su contenido constituye una herramienta esencial para ser discípulo de una práctica clínica ética, de innovación constante con enfoque, armonía y predictibilidad clínico-rigurosa.



INTRODUCCIÓN

La articulación entre implantes dentales representa una de las fronteras más significativas en la odontología contemporánea. A diferencia de nuestros dientes naturales, los implantes carecen de sistema de ligamento periodontal, dependen de estructuras óseas y tisulares para su éxito funcional a largo plazo. Esta realidad biomecánica exige un entendimiento profundo de cómo las fuerzas masticatorias se distribuyen, cómo se comportan los componentes de los implantes bajo carga oclusal, y cómo podemos diseñar restauraciones que armonicen con estas demandas para asegurar el éxito clínico.

El desarrollo de la conexión apropiada, la pasividad de las restauraciones, la selección de los materiales óptimos y el contorno anatómico de las prótesis no son decisiones arbitrarias, sino fundamentadas clínicamente que determinan la distribución de fuerzas, la salud periimplantar y la satisfacción del paciente. Cada micra de desajuste, cada grado de inclinación no controlada y cada material mal seleccionado pueden tener repercusiones biológicas y mecánicas significativas que comprometan el éxito terapéutico a mediano y largo plazo.

La comprensión integral de estos factores, junto con los principios biomecánicos y biológicos que gobiernan el comportamiento de los implantes dentales, constituye la base fundamental para el desarrollo de protocolos restaurativos predecibles y exitosos. Este conocimiento proporciona las herramientas necesarias para tomar decisiones clínicas informadas, diseñar restauraciones que funcionen en armonía con el sistema implante-huésped, y manejar adecuadamente las complicaciones que puedan surgir durante el tratamiento.

Este libro está diseñado para proporcionar una base sólida de conocimientos teóricos combinados con aplicaciones clínicas prácticas, respaldadas por evidencia científica actualizada. Nuestro objetivo es equipar a los profesionales de la odontología con las competencias necesarias para ofrecer tratamientos implantológicos predecibles, funcionales y estéticamente satisfactorios que mejoren la calidad de vida de sus pacientes.

Cada información presentada ha sido cuidadosamente curada de la literatura científica más reciente, así como de la experiencia clínica acumulada y las mejores prácticas de profesionales líderes en el campo de la implantología, con el propósito de ofrecer una guía confiable y actualizada para la restauración de implantes dentales a través de un enfoque basado en la evidencia.

Esta primera edición se centra en brindar fundamentos conceptuales robustos y bases científicas sólidas para comprender la articulación entre implantes dentales, estableciendo un marco consistente para decisiones clínicas exitosas y resultados predecibles que permitan desarrollar una práctica fundamentada en la evidencia científica y orientada a la excelencia en el cuidado de los pacientes.

CAPÍTULO 1.

Fundamentos y Planificación en la Rehabilitación Implantológica

1.1 Principios biológicos de la osteointegración

1.1.1 Concepto histórico y evolución

El concepto de osteointegración constituye el fundamento biológico sobre el cual se edifica la implantología moderna. Fue descrito inicialmente por Per-Ingvar Brånemark como la conexión estructural y funcional directa entre el hueso vital y la superficie de un implante sometido a carga funcional, sin interposición de tejido fibroso [1]. Este hallazgo transformó la práctica odontológica al demostrar que el titanio podía integrarse de manera estable en el tejido óseo humano bajo condiciones controladas [2].

La evolución histórica de la osteointegración puede dividirse en tres etapas fundamentales: la fase experimental (décadas de 1950–1970), la fase de validación clínica (1980–1995) y la fase contemporánea de optimización biomecánica y biológica (1995–actualidad) [3]. En la actualidad, el concepto no se limita a la mera integración ósea, sino que incorpora parámetros de estabilidad tisular periimplantaria, preservación ósea marginal y control de la respuesta inflamatoria [4].

Estudios histológicos posteriores demostraron que la osteointegración no representa una “fusión” absoluta, sino un contacto íntimo entre hueso mineralizado y superficie implantaria, cuya calidad depende de múltiples variables como topografía superficial, energía superficial y características del lecho receptor [5]. La incorporación de superficies tratadas mediante arenado, grabado ácido y modificaciones nanotopográficas ha permitido acelerar la formación ósea y mejorar la estabilidad secundaria [6].

1.1.2 Fases histológicas de la osteointegración

Desde el punto de vista biológico, la osteointegración es un proceso dinámico que se desarrolla en fases histológicas secuenciales. Inicialmente ocurre una fase inflamatoria aguda caracterizada por formación de coágulo sanguíneo y liberación de mediadores inflamatorios, seguida por una fase proliferativa donde se produce angiogénesis y diferenciación osteoblástica [7].

Posteriormente, se establece una fase de formación ósea primaria o hueso inmaduro (woven bone), que actúa como matriz inicial de anclaje mecánico [8]. Este tejido es progresivamente reemplazado por hueso lamelar maduro mediante procesos de remodelado fisiológico, consolidando la estabilidad secundaria del implante [9]. La transición de hueso inmaduro a hueso lamelar puede extenderse durante los primeros 3 a 6 meses posteriores a la colocación del implante [10].

El éxito biológico depende de mantener los micro movimientos por debajo del umbral crítico de 50–100 micrones durante la fase inicial de cicatrización, ya que desplazamientos superiores pueden inducir formación de tejido fibroso en lugar de integración ósea directa [11].

1.1.3 Estabilidad primaria y secundaria

La estabilidad primaria corresponde al anclaje mecánico inicial del implante en el hueso cortical y trabecular al momento de la inserción, y está determinada por factores como densidad ósea, diseño macro geométrico y torque de inserción [12]. Se considera que valores de torque superiores a 30–35 Ncm favorecen protocolos de carga inmediata en casos seleccionados [13]. La estabilidad secundaria, en contraste, es el resultado de la formación y remodelación ósea alrededor del implante, constituyendo un fenómeno biológico dependiente de la respuesta tisular individual [14]. Durante las primeras semanas puede observarse un descenso transitorio de estabilidad debido al remodelado óseo inicial, fenómeno conocido como “dip biológico” [15]. La interacción entre estabilidad primaria y secundaria determina la predictibilidad del tratamiento. Implantes con diseño cónico, roscas agresivas y superficies bioactivas tienden a optimizar esta transición [16].

1.1.4 Remodelado óseo crestal

El remodelado óseo crestal es un fenómeno fisiológico observado tras la colocación del implante y la conexión protésica. Estudios longitudinales han demostrado que durante el primer año puede producirse una pérdida ósea marginal promedio de 0.5–1.5 mm, seguida de una tasa anual inferior a 0.2 mm en condiciones estables [17]. Este remodelado está influenciado por factores como profundidad de colocación, grosor mucoso, altura del pilar protésico y diseño de la conexión implante–pilar [18]. El concepto



de “platform switching” ha mostrado reducir la pérdida ósea marginal al desplazar el microgap hacia una posición más centralizada, disminuyendo el infiltrado inflamatorio crestal [19]. El remodelado crestal también responde a la necesidad biológica de establecer un ancho biológico periimplantario estable, fenómeno comparable pero no idéntico al observado en dientes naturales [20].

1.1.5 Influencia del microgap y conexión implante–pilar

El microgap presente en la interfase implante–pilar representa una zona potencial de colonización bacteriana y concentración de tensiones mecánicas [21]. La penetración bacteriana a través de este espacio puede inducir una respuesta inflamatoria crónica subclínica que contribuya al remodelado óseo marginal [22]. Las conexiones internas tipo cono Morse han demostrado mayor estabilidad mecánica y mejor sellado bacteriano en comparación con conexiones externas tradicionales [23]. Asimismo, la filosofía “*one time–one abutment*” propone minimizar la desconexión repetida del pilar para preservar la estabilidad tisular periimplantaria [24]. La altura del pilar protésico también influye en la estabilidad ósea marginal, ya que pilares ≥ 2 mm favorecen la formación de un espacio supracrestal adecuado, reduciendo la reabsorción inicial [25].

1.1.6 Espesor biológico periimplantario

El tejido periimplantario presenta características histológicas distintas al periodonto natural, destacando la ausencia de ligamento periodontal y fibras colágenas insertadas perpendicularmente [26]. El ancho biológico periimplantario está compuesto por epitelio de unión y tejido conectivo supracrestal, con una altura promedio de 3–4 mm [27]. Estudios recientes indican que un espesor mucoso ≥ 2 mm se asocia con menor remodelado óseo marginal y mayor estabilidad a largo plazo [28]. Pacientes con fenotipo mucoso fino presentan mayor riesgo de recesión y exposición del componente protésico [29]. El manejo quirúrgico del tejido blando y el diseño del perfil de emergencia son determinantes para mantener la arquitectura periimplantaria estable [30].

Tabla 1.

Comparación biológica entre diente natural e implante osteointegrado

Característica	Diente Natural	Implante Osteointegrado
Unión al hueso	Ligamento periodontal	Contacto óseo directo
Fibras colágenas	Inserción perpendicular	Orientación paralela
Capacidad de amortiguación	Presente	Ausente
Vascularización	Rica y directa	Limitada
Ancho biológico	~2–3 mm	~3–4 mm

Nota: Adaptado de estudios histológicos clásicos y contemporáneos sobre arquitectura periimplantaria [26–30].

1.2 Principios biomecánicos en implantología

1.2.1 Fundamentos biomecánicos aplicados a implantes dentales

A diferencia del diente natural, el implante osteointegrado carece de ligamento periodontal, lo que elimina el mecanismo fisiológico de amortiguación y adaptación micrométrica ante cargas funcionales [31]. En consecuencia, las fuerzas oclusales se transmiten directamente al hueso periimplantario, generando concentraciones de tensión que deben ser cuidadosamente controladas

mediante un diseño protésico racional [32]. Desde el punto de vista biomecánico, el implante actúa como un elemento rígido anclado en un medio viscoelástico heterogéneo (hueso cortical y trabecular), donde la distribución de cargas depende de la dirección, magnitud y punto de aplicación de la fuerza [33]. La mayor concentración de estrés suele localizarse en la región crestal cortical, lo que explica la susceptibilidad del hueso marginal ante sobrecarga mecánica [34]. El principio fundamental en implantología restauradora establece que las cargas deben orientarse lo más axialmente posible para minimizar momentos de flexión y reducir la generación de fuerzas laterales nocivas [35]. Las cargas oblicuas aumentan exponencialmente el estrés crestal, pudiendo inducir remodelado óseo adverso si superan la capacidad adaptativa del hueso [36].

1.2.2 Distribución de fuerzas oclusales y momento de fuerza

La biomecánica implantaria se rige por principios físicos clásicos, particularmente la relación entre fuerza, brazo de palanca y momento de rotación. El momento de fuerza (M) es el resultado del producto entre la magnitud de la fuerza aplicada (F) y la distancia desde el punto de aplicación al centro de rotación (d) ($M = F \times d$) [37].

En restauraciones con cantiléver, incluso fuerzas moderadas pueden generar momentos elevados debido al aumento del brazo de palanca, incrementando la tensión en la región crestal [38]. Estudios de análisis por elementos finitos han demostrado que los cantiléver posteriores superiores a 10–12 mm aumentan significativamente el riesgo de sobrecarga biomecánica [39]. El control del esquema oclusal es determinante. Se recomienda establecer contactos ligeros en céntrica y eliminar interferencias excéntricas en restauraciones unitarias implantosoportadas para disminuir fuerzas laterales [40]. La distribución homogénea de contactos reduce picos de estrés y favorece la estabilidad a largo plazo [41].

1.2.3 Centro de rotación y comportamiento mecánico de las conexiones

El centro de rotación en implantes depende del tipo de conexión implante–pilar y del diseño macro geométrico. En conexiones externas tradicionales, el punto de rotación tiende a localizarse más coronalmente, lo que puede incrementar el brazo de palanca y favorecer micro movimientos [42]. Las conexiones internas, especialmente aquellas con diseño cónico tipo cono Morse, desplazan el centro de rotación más apicalmente y mejoran la estabilidad mecánica mediante fricción interna y sellado mecánico [43]. Esta configuración reduce micro movimientos en la interfase y disminuye la concentración de tensiones crestal [44]. La estabilidad de la conexión influye directamente en la preservación ósea marginal, ya que estos son repetitivos pueden inducir inflamación crónica subclínica y remodelado óseo progresivo [45].

1.2.4 Micro movimientos y umbral biológico

Durante la fase de cicatrización, los micro movimientos deben mantenerse por debajo de un umbral crítico para permitir formación ósea directa. Desplazamientos superiores a 50–100 micrones pueden conducir a la formación de tejido fibroso en la interfase, comprometiendo la osteointegración [46]. En protocolos de carga inmediata, la estabilidad primaria adquiere un papel determinante. Se ha demostrado que torques de inserción adecuados y una correcta densidad ósea reducen la magnitud de micro movimientos bajo carga funcional temprana [47].

La transición entre estabilidad primaria mecánica y estabilidad secundaria biológica es un periodo crítico donde la sobrecarga debe evitarse cuidadosamente [48]. El diseño de la prótesis provisional debe minimizar contactos oclusales no axiales para preservar el proceso biológico [49].

1.2.5 Efecto del torque de inserción y diseño macro geométrico

El torque de inserción refleja el grado de fricción mecánica entre implante y hueso, y se relaciona con la estabilidad primaria [50]. Implantes con diseño cónico y roscas agresivas aumentan la compresión ósea controlada, mejorando el anclaje inicial en hueso de baja densidad [51]. Sin embargo, torques excesivos pueden generar necrosis por compresión en hueso cortical, comprometiendo la remodelación posterior [52]. Por ello, el equilibrio entre compresión controlada y preservación vascular resulta esencial para un proceso biológico favorable [53]. La macro geometría del implante influye en la distribución del estrés. Diseños con roscas progresivas y diámetros amplios reducen la concentración de tensiones en la región crestal [54].

1.3 Arquitectura periimplantaria

La arquitectura periimplantaria constituye un determinante crítico en la estabilidad biológica, mecánica y estética de las restauraciones implantoportadas. A diferencia del periodonto natural, el complejo periimplantario presenta particularidades histológicas, vasculares, inmunológicas y estructurales que condicionan su comportamiento frente a cargas funcionales y agresiones bacterianas [55]. La comprensión detallada de esta arquitectura resulta indispensable para planificar restauraciones definitivas predecibles.

1.3.1 Diferencias estructurales entre diente natural e implante

1.3.1.1 Ligamento periodontal vs anclaje rígido

El diente natural se encuentra suspendido en el hueso alveolar mediante el ligamento periodontal, estructura altamente vascularizada y mecanorreceptora que permite microadaptaciones funcionales ante fuerzas oclusales [56]. Esta estructura proporciona amortiguación y distribución fisiológica del

estrés. En contraste, el implante osteointegrado establece un contacto directo hueso–titanio sin interposición de tejido conectivo especializado [57]. Esta unión rígida elimina la capacidad amortiguadora fisiológica, lo que incrementa la transmisión directa de fuerzas al hueso cortical crestral.

Biomecánica de Implantes dentales

Figura 1.

Vectorización de fuerzas y momento de rotación en implantes dentales



Nota: Representación biomecánica comparativa entre carga axial ideal y carga oblicua con cantilever. Se observa que las fuerzas axiales generan una distribución más homogénea del estrés a lo largo del eje longitudinal del implante, mientras que las fuerzas oblicuas incrementan el momento de rotación ($M = F \times d$) y concentran tensiones en la región crestral cortical. En conexiones internas, el centro de rotación tiende a desplazarse hacia una posición más apical, reduciendo el brazo de palanca y la magnitud de los micro movimientos en la interfase implante–pilar.

1.3.1.2 Disposición de fibras colágenas

En el periodonto natural, las fibras colágenas se insertan perpendicularmente en el cemento radicular y el hueso alveolar, formando un sellado estructural resistente [58]. En el tejido periimplantario, las fibras del tejido conectivo adoptan una disposición paralela o circular alrededor del implante, sin inserción directa en la superficie metálica [59]. Esta diferencia estructural reduce la resistencia frente a la migración apical del biófilo, lo que explica la mayor vulnerabilidad del complejo periimplantario ante procesos inflamatorios crónicos [60].

1.3.1.3 Diferencias vasculares e inmunológicas

El periodonto recibe irrigación desde el ligamento periodontal, el hueso alveolar y la encía suprayacente. En cambio, el tejido periimplantario depende principalmente del plexo supra perióstico y del aporte óseo [61]. Esta vascularización más limitada puede condicionar una respuesta inflamatoria más rápida y destructiva ante infección bacteriana [62]. Desde el punto de vista inmunológico, la arquitectura periimplantaria presenta menor densidad vascular y menor capacidad defensiva comparada con el tejido periodontal natural [63].

1.3.2 Ancho biológico periimplantario

1.3.2.1 Composición histológica

El ancho biológico periimplantario está compuesto por:

- Epitelio de unión.
- Tejido conectivo supracrestal.
- Espacio supracrestal funcional.

Estudios histomorfométricos han demostrado que su dimensión promedio oscila entre 3 y 4 mm, superando ligeramente el ancho biológico dentario clásico [64].

1.3.2.2 Formación del espacio supracrestal

La formación de este espacio es un fenómeno adaptativo fisiológico que puede inducir remodelado óseo marginal cuando el implante se coloca en tejidos con espesor insuficiente [65]. Si no existe suficiente altura mucosa para establecer el complejo supracrestal, el hueso crestral puede reabsorberse para permitir su formación biológica [66]. Este fenómeno explica parte del remodelado óseo inicial observado tras la conexión protésica.

1.3.2.3 Influencia de la altura del pilar protésico

La altura del pilar protésico influye directamente en la preservación ósea marginal. Pilares ≥ 2 mm permiten el establecimiento adecuado del tejido supracrestal, reduciendo la reabsorción crestral inicial [67]. La filosofía “*one time—one abutment*” contribuye a preservar la estabilidad tisular al evitar interrupciones repetidas del complejo biológico en formación [68].

1.3.3 Fenotipo mucoso y estabilidad tisular

1.3.3.1 Clasificación del fenotipo periimplantario

El fenotipo mucoso puede clasificarse en:

- Fenotipo fino (< 2 mm).
- Fenotipo grueso (≥ 2 mm).

Pacientes con fenotipo fino presentan mayor riesgo de recesión mucosa, exposición de componentes protésicos y compromiso estético en sectores anteriores [69].

1.3.3.2 Espesor mucoso y pérdida ósea marginal

Diversos estudios clínicos longitudinales han demostrado que un espesor mucoso ≥ 2 mm se asocia con menor pérdida ósea marginal durante el primer año de carga funcional [70]. En tejidos finos, la remodelación ósea puede actuar como mecanismo compensatorio para permitir la formación del ancho biológico peri implantar

1.3.3.3 Mucosa queratinizada

La presencia de mucosa queratinizada ≥ 2 mm facilita el control de placa y disminuye la inflamación periimplantaria [71]. Aunque su ausencia no constituye contraindicación absoluta, su deficiencia puede incrementar la susceptibilidad a mucositis en pacientes con higiene limitada [72].

Procedimientos de injerto de tejido conectivo o injertos libres epitelizados pueden aumentar el grosor mucoso y mejorar la estabilidad a largo plazo [73].

1.3.4 Perfil de emergencia y arquitectura tridimensional

1.3.4.1 Concepto de perfil de emergencia

El perfil de emergencia representa la transición morfológica tridimensional entre el implante y la restauración protésica a través del tejido blando. Un diseño excesivamente convexo puede generar compresión tisular y recesión secundaria [74]. Un perfil cóncavo o progresivamente adaptativo favorece la estabilidad tisular y facilita la higiene [75].

1.3.4.2 Modelado tisular mediante provisionalización

La provisionalización inmediata correctamente diseñada puede moldear el tejido blando periimplantario, favoreciendo papilas interdentes estables y contornos cervicales naturales [76]. El manejo adecuado del perfil de emergencia durante la fase provisional resulta determinante para el resultado estético definitivo [77].

1.3.4.3 Posición tridimensional del implante

La arquitectura periimplantaria depende críticamente de la correcta posición del implante en tres planos:

- Mesiodistal.
- Vestíbulo-lingual.
- Apico-coronal.

Desviaciones en cualquiera de estos planos pueden comprometer la estabilidad tisular, generar recesión mucosa o inducir sobrecarga biomecánica [78].

Tabla 2.

Componentes del complejo supracrestal periimplantario

Componente	Dimensión promedio	Función biológica
Epitelio de unión	1.5–2 mm	Sellado epitelial
Tejido conectivo supracrestal	1–2 mm	Estabilidad estructural

Nota: Las dimensiones pueden variar según el fenotipo mucoso, posición del implante y altura del pilar protésico [64–70].

1.4 Evaluación diagnóstica integral

La evaluación diagnóstica integral constituye el punto de partida crítico en la rehabilitación implantológica contemporánea. La planificación de una restauración definitiva no debe iniciarse desde la fase quirúrgica, sino desde un análisis clínico, sistémico, periodontal, oclusal y estético exhaustivo que permita identificar factores de riesgo y establecer una estrategia terapéutica personalizada [79]. El fracaso implantológico raramente se debe a un único factor; generalmente es el resultado de una planificación incompleta o de la omisión de variables sistémicas y biomecánicas relevantes [80]. Por ello, la evaluación diagnóstica debe concebirse como un proceso multidimensional.

1.4.1 Evaluación sistémica del paciente

1.4.1.1 Condiciones médicas generales

El estado sistémico del paciente influye directamente en la capacidad de cicatrización y en la estabilidad a largo plazo del implante. Enfermedades como diabetes mellitus no controlada, osteoporosis severa, inmunosupresión y tratamientos con bifosfonatos pueden alterar la remodelación ósea y aumentar el riesgo de complicaciones [81]. Pacientes con niveles de HbA1c superiores a 8% presentan mayor riesgo de inflamación periimplantaria y retraso en la osteointegración [82]. Sin embargo, pacientes diabéticos bien controlados pueden alcanzar tasas de éxito comparables a la población general [83].

1.4.1.2 Hábitos y factores modificables

El tabaquismo representa uno de los principales factores de riesgo en implantología. Se ha demostrado que fumadores presentan mayor incidencia de pérdida ósea marginal y periimplantarias en comparación con no fumadores [84].

El bruxismo constituye otro factor relevante debido a la sobrecarga biomecánica crónica que puede inducir aflojamiento protésico y fractura de componentes [85]. La identificación de para funciones debe formar parte del protocolo diagnóstico inicial.

1.4.2 Evaluación periodontal previa

1.4.2.1 Estado periodontal residual

La presencia de enfermedad periodontal activa constituye un factor de riesgo significativo para el desarrollo de periimplantarias futura [86]. Los pacientes con antecedentes de periodontitis presentan mayor susceptibilidad a pérdida ósea periimplantaria [87]. El control previo de

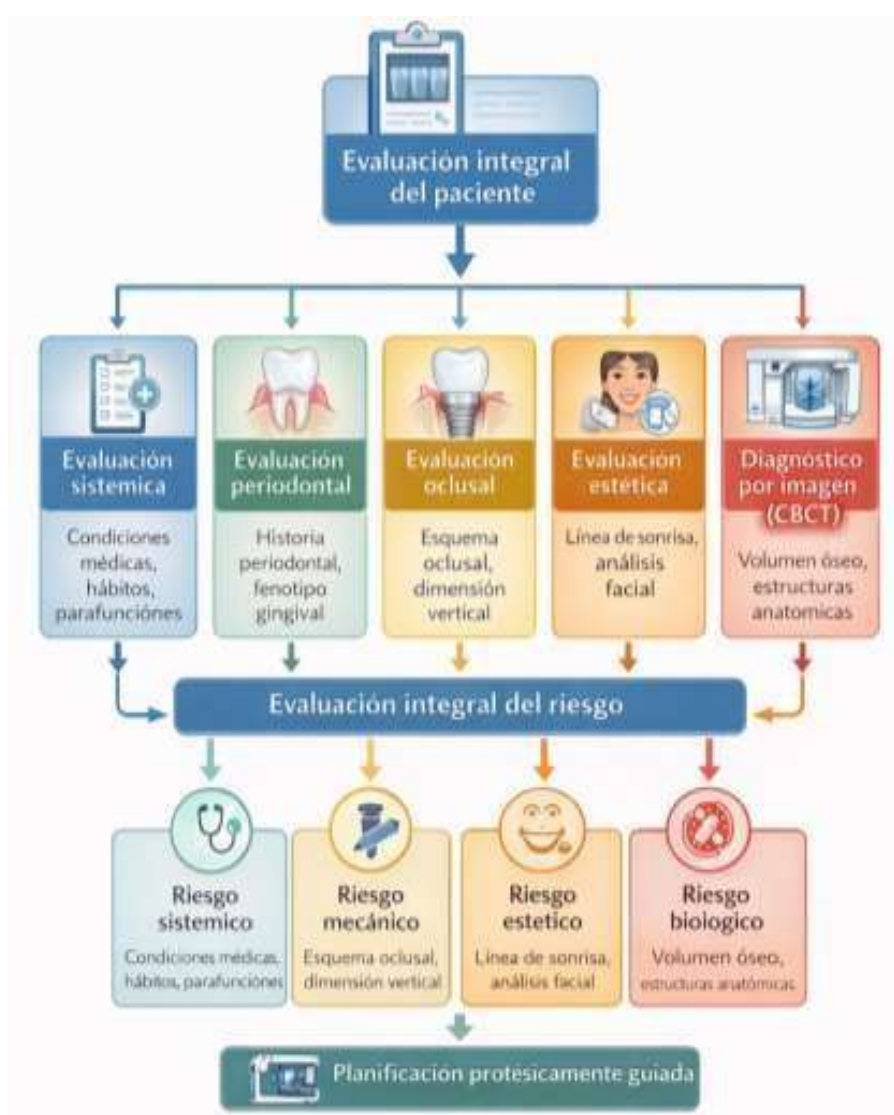
inflamación periodontal, reducción de bolsas y estabilización del biófilo deben completarse antes de la colocación implantaria [88].

1.4.2.2 Fenotipo periodontal y arquitectura gingival

La evaluación del biotipo periodontal permite anticipar el comportamiento tisular posterior a la colocación del implante. Fenotipos finos presentan mayor riesgo de recesión y exposición del implante, especialmente en sector anterior [89]. El análisis de línea de sonrisa, altura papilar y simetría gingival resulta indispensable en zonas estéticas [90].

Figura 2.

Proceso diagnóstico integral y planificación protésicamente guiada en implantología



Nota: Esquema secuencial del proceso de evaluación diagnóstica integral en rehabilitación implantológica. La figura integra análisis sistémico, periodontal, oclusal, estético y radiológico (CBCT), culminando en una estratificación del riesgo (biológico, mecánico, estético y sistémico) que orienta la planificación protésicamente guiada. Este enfoque multidimensional permite reducir complicaciones y optimizar la posición tridimensional del implante en función del resultado restaurador definitivo [79–100].

1.4.3 Evaluación oclusal y análisis funcional

1.4.3.1 Análisis estático y dinámico La evaluación oclusal debe incluir análisis en máxima intercuspidación, movimientos excéntricos y relación céntrica [91]. Restauraciones implantoportadas deben integrarse en un esquema oclusal equilibrado que minimice fuerzas laterales. Se recomienda identificar contactos prematuros, interferencias caninas y sobrecarga posterior antes de planificar la rehabilitación definitiva [92].

1.4.3.2 Dimensión vertical y estabilidad protésica

La pérdida de dimensión vertical puede alterar la distribución de cargas y comprometer la planificación restauradora [93]. En rehabilitaciones múltiples, el restablecimiento adecuado de la dimensión vertical es determinante para la estabilidad biomecánica.

1.4.4 Evaluación estética facial y dentolabial

1.4.4.1 Análisis facial tridimensional

La implantología moderna exige integración con parámetros estéticos faciales. Se debe analizar:

- Línea media facial.
- Línea de sonrisa.
- Exposición dentaria en reposo.
- Simetría labial.

Desviaciones en la posición del implante pueden comprometer la armonía facial incluso si la osteointegración es exitosa [94].

1.4.4.2 Evaluación del corredor bucal y soporte labial

En rehabilitaciones anteriores, el soporte labial depende de la posición tridimensional del implante y del volumen protésico [95]. Restauraciones excesivamente palatinizadas pueden generar colapso labial y compromiso estético.

1.4.5 Diagnóstico por imagen y planificación tridimensional

1.4.5.1 Uso de CBCT

La tomografía volumétrica (CBCT) permite evaluar densidad ósea, volumen disponible y proximidad a estructuras anatómicas críticas [96]. Su uso es considerado estándar en planificación implantológica compleja. La evaluación tridimensional reduce errores de angulación y posicionamiento apico-coronal [97].

1.4.5.2 Planificación protésicamente guiada

La planificación contemporánea parte del diseño restaurador final y no de la disponibilidad ósea inicial [98]. El encerado diagnóstico, ya sea analógico o digital, permite definir la posición ideal del implante. La fusión de archivos DICOM (CBCT) y STL (escáner intraoral) facilita la planificación digital precisa [99].

1.4.6 Estratificación del riesgo implantológico

La evaluación integral debe culminar en una clasificación de riesgo que contemple:

- Riesgo biológico.
- Riesgo mecánico.
- Riesgo estético.
- Riesgo sistémico.

Esta estratificación permite seleccionar el protocolo quirúrgico y restaurador más adecuado [100].

Tabla 3.

Factores de riesgo en la planificación implantológica

Categoría	Factor	Impacto clínico
Sistémico	Diabetes no controlada	Retraso en cicatrización
Sistémico	Tabaquismo	Mayor pérdida ósea
Periodontal	Historia de periodontitis	Mayor riesgo de periimplantitis
Mecánico	Bruxismo	Sobrecarga protésica
Anatómico	Espesor mucoso <2 mm	Remodelado crestal inicial
Estético	Línea de sonrisa alta	Mayor exigencia tisular

Nota: La combinación de múltiples factores incrementa exponencialmente el riesgo de complicaciones implanto lógicas a largo plazo [81–100].

1.5 Planificación tridimensional del tratamiento

La planificación tridimensional representa el núcleo estratégico de la rehabilitación implantológica moderna. La colocación del implante no debe responder exclusivamente a la disponibilidad ósea, sino al resultado restaurador ideal previamente definido [101]. Este cambio conceptual consolidó el paradigma de planificación protésicamente guiada, donde la posición tridimensional del implante se determina en función de parámetros estéticos, biomecánicos y funcionales [102]. La planificación tridimensional adecuada reduce complicaciones biológicas, mejora la estabilidad tisular y optimiza la distribución de cargas a largo plazo [103].

1.5.1 Principio de planificación protésicamente guiada

1.5.1.1 De la cirugía guiada por hueso a la cirugía guiada por restauración Tradicionalmente, los implantes se colocaban en función del volumen óseo disponible, adaptando posteriormente la

restauración a esa posición [104]. Este enfoque frecuentemente generaba perfiles de emergencia inadecuados, cantiléver innecesarios o compromisos estéticos. La implantología contemporánea invierte esta lógica: primero se define la restauración definitiva (posición, eje, contorno cervical y emergencia), y luego se planifica la inserción del implante en concordancia con ese diseño [105]. Este enfoque mejora la predictibilidad estética, especialmente en el sector anterior maxilar [106].

1.5.1.2 Encerado diagnóstico y mock-up

El encerado diagnóstico constituye una herramienta esencial para visualizar el resultado protésico ideal antes de la cirugía [107]. Permite evaluar:

- Volumen coronario.
- Soporte labial.
- Relación interproximal.
- Perfil de emergencia.

La versión digital del encerado, mediante software CAD, facilita la integración con imágenes CBCT para planificación virtual precisa [108]. El mock-up clínico permite validar el diseño en boca antes de la intervención quirúrgica definitiva [109].

1.5.2 Evaluación tridimensional de la posición implantaria

La posición tridimensional del implante debe analizarse en tres planos espaciales:

1.5.2.1 Plano mesiodistal

La distancia mínima recomendada entre implante y diente adyacente es de 1.5–2 mm para preservar la papila interproximal y el hueso crestral [110]. Entre implantes contiguos, la distancia mínima recomendada es de 3 mm para mantener la estabilidad ósea interimplantaria [111]. Una proximidad excesiva puede inducir reabsorción ósea y pérdida papilar [112].

1.5.2.2 Plano vestíbulo–lingual

La posición vestíbulo-lingual determina el grosor óseo vestibular residual y la estabilidad estética. Se recomienda mantener al menos 1.5–2 mm de hueso vestibular para prevenir recesión mucosa [113]. Implantes posicionados excesivamente vestibulares presentan mayor riesgo de exposición de la rosca y compromiso estético [114].

1.5.2.3 Plano apico–coronal

La profundidad de inserción influye en la formación del ancho biológico periimplantario y en el remodelado crestral inicial [115]. Implantes colocados demasiado superficiales pueden comprometer la emergencia estética, mientras que inserciones excesivamente profundas pueden

dificultar el control biológico y la higiene [116]. La planificación apico-coronal debe considerar el espesor mucoso y la altura del pilar protésico planificado [117].

1.5.3 Integración de CBCT y archivos digitales

1.5.3.1 Fusión DICOM–STL

La planificación digital avanzada integra imágenes CBCT (DICOM) con escaneos intraorales (STL), permitiendo visualizar simultáneamente anatomía ósea y restauración proyectada [118]. Esta fusión digital mejora la precisión del posicionamiento implantario y reduce desviaciones angulares [119].

1.5.3.2 Software de planificación virtual

Los programas de planificación permiten:

- Simulación de posición implantaria.
- Evaluación de densidad ósea.
- Análisis de proximidad a estructuras anatómicas críticas.
- Diseño de guías quirúrgicas personalizadas.

El uso de planificación digital ha demostrado reducir errores quirúrgicos y mejorar la correspondencia entre planificación y ejecución clínica [120].

1.5.4 Guías quirúrgicas y precisión clínica

Las guías quirúrgicas pueden clasificarse en:

- Estáticas (impresión 3D).
- Dinámicas (navegación en tiempo real).

Las guías estáticas muestran desviaciones promedio inferiores a 1 mm en eje coronal y 2–4° en angulación, cuando son correctamente diseñadas [121]. Las guías dinámicas permiten ajustes intraoperatorios, aunque requieren curva de aprendizaje avanzada [122].

1.5.5 Impacto de la planificación tridimensional en la estabilidad a largo plazo

Una planificación tridimensional adecuada reduce:

- Cantilevers innecesarios.
- Sobrecarga crestal.
- Compresión tisular excesiva.
- Remodelado óseo marginal.

Estudios longitudinales han demostrado que la correcta posición tridimensional del implante es uno de los principales determinantes de supervivencia a largo plazo [123].

Tabla 4.

Parámetros críticos en la posición tridimensional del implante

Plano	Parámetro recomendado	Impacto clínico
Mesiodistal	≥ 1.5 mm de diente adyacente	Preservación papilar
Interimplantario	≥ 3 mm entre implantes	Estabilidad ósea interproximal
Vestíbulo-lingual	≥ 1.5 –2 mm hueso vestibular	Prevención de recesión
Ápico-coronal	Según espesor mucoso	Control del ancho biológico

Nota: Estos parámetros pueden variar según biotipo, localización anatómica y diseño protésico [110– 117].

1.6 Selección adecuada del caso clínico

La selección adecuada del caso clínico constituye uno de los determinantes más importantes del éxito implantológico a largo plazo. La evidencia científica demuestra que muchos fracasos no se deben a deficiencias quirúrgicas o protésicas aisladas, sino a una inadecuada indicación inicial o a la subestimación de factores de riesgo sistémicos, biomecánicos y tisulares [124]. La implantología moderna exige una selección individualizada basada en la estratificación integral del riesgo. La indicación correcta no depende únicamente de la ausencia de contraindicaciones absolutas, sino de la evaluación crítica de variables modificables y no modificables que puedan influir en la osteointegración, estabilidad tisular y comportamiento funcional [125].

1.6.1 Indicaciones generales para tratamiento implantológico

Los implantes dentales están indicados en:

- Ausencia unitaria con soporte periodontal adecuado.
- Edentulismo parcial con dientes remanentes estratégicos.
- Edentulismo total con necesidad de rehabilitación fija o sobre dentadura.
- Rehabilitaciones complejas donde se busca preservar estructura dental remanente.

Las tasas de supervivencia implantaria superiores al 95% a 10 años han sido ampliamente documentadas cuando los casos son correctamente seleccionados [126]. Sin embargo, estas cifras dependen de la calidad del diagnóstico previo y del control de factores de riesgo.

1.6.2 Contraindicaciones absolutas y relativas

1.6.2.1 Contraindicaciones absolutas

Aunque cada vez son menos frecuentes, se consideran contraindicaciones absolutas:

- Pacientes con radioterapia reciente en maxilares (según dosis acumulada).
- Trastornos hematológicos no controlados.
- Inmunosupresión severa.
- Incapacidad para mantener higiene oral mínima.

Estas condiciones comprometen severamente la cicatrización y el proceso de osteointegración [127].

1.6.2.2 Contraindicaciones relativas Entre las contraindicaciones relativas se incluyen:

- Diabetes mal controlada.
- Tabaquismo severo.
- Bruxismo no tratado.
- Osteoporosis bajo tratamiento farmacológico.
- Espesor mucoso insuficiente.

En estos casos, el tratamiento puede realizarse tras estabilización o bajo protocolos modificados [128].

1.6.3 Evaluación del riesgo biológico

1.6.3.1 Historia de enfermedad periodontal

La historia de enfermedad periodontal constituye uno de los principales factores de riesgo biológico en implantología. Diversos estudios han demostrado que los pacientes con antecedentes de periodontitis presentan mayor susceptibilidad al desarrollo de mucositis periimplantaria y periimplantarias, especialmente cuando el control del biófilo es deficiente o irregular [129]. Esta asociación se explica por la persistencia de un perfil microbiológico patógeno similar al encontrado en la enfermedad periodontal, así como por una respuesta inflamatoria individual predisponente. La periodontitis no tratada o inestable representa una contraindicación relativa para la colocación de implantes. Antes de cualquier procedimiento quirúrgico, es indispensable lograr:

- Ausencia de inflamación gingival activa.
- Profundidades de sondaje controladas.
- Reducción significativa de carga bacteriana.
- Estabilidad clínica y radiográfica del soporte óseo.

La estabilidad periodontal previa no solo mejora el pronóstico implantológico, sino que reduce la colonización bacteriana temprana en la superficie del implante. La literatura enfatiza que el mantenimiento periodontal estricto —con controles periódicos individualizados según el riesgo— reduce significativamente la incidencia de complicaciones periimplantarias [130]. Además, debe considerarse que los pacientes con antecedentes de periodontitis suelen presentar:

- Pérdida ósea residual que puede comprometer la posición tridimensional ideal del implante.
- Fenotipo periodontal fino asociado a mayor riesgo de recesión.
- Mayor predisposición genética o inmunológica a respuestas inflamatorias exacerbadas.

Por ello, estos casos requieren protocolos personalizados que incluyan educación intensiva en higiene oral, mantenimiento profesional periódico y monitoreo clínico-radiográfico continuo. La implantología moderna reconoce que el implante no reemplaza el control periodontal; por el contrario, exige un nivel de mantenimiento incluso más riguroso.

1.6.3.2 Calidad y cantidad ósea

La calidad y cantidad de hueso disponible son determinantes fundamentales para la estabilidad primaria y el éxito a largo plazo del implante. La estabilidad primaria depende del anclaje mecánico inicial entre el implante y el hueso receptor, siendo influenciada por la densidad ósea, el diseño del implante y la técnica quirúrgica empleada. Según la clasificación clásica de densidad ósea:

- Hueso tipo I: cortical densa y homogénea; ofrece excelente estabilidad primaria, aunque puede presentar menor vascularización.
- Hueso tipo II: combinación favorable de cortical gruesa y trabécula densa; considerado ideal para la implantación.
- Hueso tipo III: cortical delgada con trabécula menos denso; estabilidad moderada.
- Hueso tipo IV: hueso trabecular poco denso con cortical fina; mayor riesgo de micro movimientos y menor anclaje mecánico [131].

En hueso tipo III y IV, especialmente frecuente en el maxilar posterior, se requieren estrategias quirúrgicas específicas como:

- Sub preparación del lecho quirúrgico para aumentar la compresión ósea.
- Uso de implantes de mayor longitud o diámetro cuando sea posible.
- Selección de implantes con macro geometría que favorezca el anclaje.
- Prolongación del período de cicatrización antes de la carga funcional.

Por otro lado, la cantidad ósea disponible en sentido vertical y horizontal determina la necesidad de procedimientos reconstructivos. La reabsorción alveolar postextracción puede reducir significativamente el volumen óseo, comprometiendo la correcta posición tridimensional del implante. La evaluación volumétrica mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) permite:

- Medir con precisión altura y espesor óseo.
- Analizar la morfología del reborde alveolar.
- Identificar estructuras anatómicas críticas.
- Planificar la necesidad de injertos óseos, elevación de seno maxilar o regeneración ósea guiada [132].

Una adecuada valoración tridimensional no solo mejora la predictibilidad quirúrgica, sino que permite integrar el implante dentro de un plan restaurador protésicamente guiado. En definitiva, la combinación de adecuada calidad y suficiente cantidad ósea constituye la base biomecánica para

lograr estabilidad primaria, favorecer la osteointegración y minimizar el riesgo de fracaso temprano o tardío del implante.

1.6.4 Evaluación del riesgo mecánico

1.6.4.1 Bruxismo y sobrecarga funcional

El bruxismo genera fuerzas laterales repetitivas que pueden inducir aflojamiento de tornillos, fracturas protésicas y pérdida ósea marginal progresiva [133]. La indicación implantológica en estos pacientes debe acompañarse de férulas de descarga y diseño protésico reforzado.

1.6.4.2 Distribución protésica inadecuada

Casos con espacio protésico insuficiente, angulación desfavorable o necesidad de cantiléver extensos deben ser cuidadosamente analizados antes de indicar implantes [134]. El diseño incorrecto puede generar momentos de fuerza excesivos y comprometer la estabilidad a largo plazo [135].

1.6.5 Evaluación del riesgo estético

La evaluación del riesgo estético constituye un paso crítico en la planificación de rehabilitaciones implantosoportadas en el sector anterior maxilar, zona donde la demanda estética del paciente suele ser máxima y cualquier alteración resulta fácilmente perceptible. En esta región, el éxito no se limita a la osteointegración, sino que incluye la estabilidad del tejido blando, la armonía del perfil de emergencia y la integración cromática con las estructuras adyacentes. La selección del caso debe considerar de manera sistemática los siguientes factores:

Línea de sonrisa alta. Los pacientes con sonrisa gingival o exposición amplia del margen cervical presentan mayor riesgo estético, ya que cualquier discrepancia en el contorno gingival o en el color del pilar puede hacerse visible. En estos casos, incluso mínimas recesiones (≥ 1 mm) pueden comprometer el resultado final.

Biotipo periodontal fino (fenotipo fino). El tejido blando delgado es más susceptible a recesiones, colapso vestibular y transparencia del componente metálico. La mucosa periimplantaria fina tiene menor capacidad de camuflar el titanio, aumentando el riesgo de exposición grisácea o retracción marginal.

Tabla vestibular delgada. Una cortical vestibular menor a 1 mm se asocia con mayor remodelación ósea postquirúrgica. La pérdida ósea vestibular favorece la migración apical del

margen mucoso y altera el perfil estético. La evaluación mediante tomografía volumétrica (CBCT) permite anticipar este riesgo y planificar procedimientos de preservación o regeneración.

Posición del margen gingival y arquitectura papilar. La simetría con los dientes contralaterales es determinante. Alteraciones en la altura papilar o en el contorno gingival generan “triángulos negros” y asimetrías perceptibles. En casos con alta exigencia estética, la planificación debe ser más rigurosa, integrando análisis digital de sonrisa, encerado diagnóstico y planificación guiada. Con frecuencia, se requieren procedimientos complementarios como injertos de tejido conectivo subepitelial o técnicas de aumento de volumen mucoso para optimizar el fenotipo periimplantario [136].

La colocación implantaria en pacientes con fenotipo fino sin manejo previo del tejido blando puede derivar en recesión mucosa progresiva y exposición del titanio, comprometiendo tanto la estética como la salud periimplantaria [137]. Por ello, el manejo preventivo del tejido blando debe considerarse parte integral del protocolo quirúrgico y no una intervención secundaria.

1.6.6 Estratificación integral del riesgo implantológico

La evaluación preoperatoria debe culminar en una clasificación estructurada del riesgo implantológico, permitiendo individualizar la toma de decisiones clínicas, el protocolo de carga y el plan de mantenimiento. Esta estratificación integra factores sistémicos, locales, biomecánicos y conductuales.

Se propone la siguiente categorización:

- Bajo riesgo
- Paciente sistémicamente sano.
- Adecuada higiene oral y control periodontal.
- Biotipo grueso o favorable.
- Volumen y densidad ósea adecuados.
- Ausencia de hábitos para funcionales.

Estos casos presentan alta predictibilidad de éxito, pudiendo considerarse protocolos convencionales o incluso carga inmediata bajo criterios estrictos.

- Riesgo moderado
- Presencia de factores controlables (tabaquismo leve, bruxismo leve, antecedentes periodontales controlados).
- Deficiencias óseas moderadas corregibles mediante regeneración.
- Control sistémico adecuado de enfermedades crónicas (ej. diabetes compensada).

Requieren ajustes en el protocolo quirúrgico y protésico, como tiempos de cicatrización extendidos, férulas de descarga o programas de mantenimiento más frecuentes.

- Alto riesgo
- Múltiples factores sistémicos no controlados.
- Historia de periodontitis avanzada.
- Tabaquismo severo.
- Bruxismo intenso sin control.
- Deficiencias óseas severas o biotipo extremadamente fino.

La evidencia científica demuestra que la combinación de factores de riesgo incrementa de manera exponencial la probabilidad de complicaciones biológicas y mecánicas, incluyendo mucositis, periimplantarias y fracaso protésico [138]. Por tanto, la evaluación no debe realizarse de forma aislada, sino mediante un análisis acumulativo que permita anticipar escenarios clínicos y establecer estrategias preventivas personalizadas.

Tabla 5.
Estratificación clínica del riesgo implantológico

Nivel de riesgo	Características clínicas	Conducta recomendada
Bajo	Sin comorbilidades, biotipo grueso, buena higiene	Protocolo estándar
Moderado	Tabaquismo leve, bruxismo controlado	Ajuste protésico y control riguroso
Alto	Diabetes no controlada, periodontitis activa, bruxismo severo	Reevaluar indicación o tratamiento previo

Nota: La evaluación debe realizarse de forma individualizada y multidimensional, considerando interacción entre factores biológicos y mecánicos [124–138].

1.7 Integración conceptual y fundamentos para la rehabilitación definitiva

La rehabilitación implantológica contemporánea no puede entenderse como un procedimiento aislado de colocación de implantes, sino como un proceso terapéutico integral que inicia en la comprensión biológica de la osteointegración y culmina en la estabilidad funcional y estética de la restauración definitiva [139]. El éxito a largo plazo depende de la interacción armónica entre biología tisular, mecánica funcional y planificación tridimensional precisa. Los principios biológicos descritos en este capítulo evidencian que la estabilidad periimplantaria está determinada por fenómenos dinámicos como la remodelación ósea crestal, la formación del complejo supracrestal y la calidad del sellado mucoso [140]. La ausencia de ligamento periodontal y la disposición paralela de fibras colágenas confieren al implante un comportamiento biomecánico diferente al del diente natural, lo que obliga a un diseño restaurador racional y científicamente fundamentado [141].

A dental professional wearing blue nitrile gloves is using a dental mirror to examine a dental model. The model shows a human jaw with various restorations, including crowns, bridges, and implants. The background is a soft, out-of-focus clinical setting.

Restauraciones Definitivas

Restauraciones Definitivas

La restauración definitiva sobre implantes representa la fase culminante del tratamiento implantológico, donde convergen los principios biológicos, biomecánicos y diagnósticos previamente establecidos. El éxito de la osteointegración por sí solo no garantiza estabilidad funcional ni estética si la rehabilitación protésica no respeta parámetros biomecánicos y tisulares fundamentales [148]. En implantología contemporánea, la restauración definitiva debe concebirse como una estructura biológicamente compatible, mecánicamente equilibrada y estéticamente integrada en el sistema estomatognático [149]. Su diseño influye directamente en la preservación ósea marginal, la estabilidad del perfil de emergencia y la longevidad del tratamiento [150].

2.1. Concepto de restauración definitiva implantoportada

La restauración implantoportada definitiva es aquella diseñada para permanecer en función a largo plazo, integrándose estructural y funcionalmente al sistema oclusal del paciente [151]. Puede clasificarse según extensión, soporte y método de retención. La planificación restauradora debe considerar no solo la sustitución dentaria, sino la restauración integral de función masticatoria, fonética y armonía estética [152].

2.1.1. Restauraciones unitarias

Las restauraciones unitarias implantoportadas son uno de los escenarios más frecuentes en implantología. Su éxito depende de la correcta posición tridimensional del implante y del control del perfil de emergencia [153]. En sector anterior, la estabilidad papilar y la simetría gingival determinan el resultado estético. En sector posterior, el control oclusal y la distribución axial de fuerzas adquieren mayor relevancia biomecánica [154]. Estudios longitudinales reportan tasas de supervivencia superiores al 95% a 10 años en restauraciones unitarias correctamente planificadas [155].

2.1.2. Rehabilitaciones parciales fijas implantoportadas

En rehabilitaciones parciales múltiples, la distribución estratégica de implantes permite reducir la necesidad de cantilevers extensos y mejorar la estabilidad estructural [156]. La planificación debe evitar sobrecarga en implantes terminales y garantizar paralelismo adecuado para facilitar ajuste pasivo [157]. La interconexión rígida entre implantes puede modificar la distribución de cargas, por lo que el diseño estructural debe basarse en análisis biomecánico previo [158].

2.1.3. Rehabilitaciones totales fijas Las rehabilitaciones totales implantoportadas requieren análisis detallado de dimensión vertical, soporte labial y estabilidad estructural [159]. Protocolos

como All-on-4 y All-on-6 han demostrado predictibilidad clínica en arcadas completas cuando se seleccionan adecuadamente los casos [160]. La inclinación distal de implantes posteriores puede reducir la necesidad de injertos y minimizar cantilevers, aunque requiere planificación digital precisa [161].

2.1.4. Sobre dentaduras implantosoportadas

Las sobre dentaduras representan una alternativa terapéutica eficaz en pacientes edéntulos totales con limitaciones anatómicas o económicas [162]. Sistemas de retención como locator, barra o anclajes magnéticos influyen en la estabilidad y mantenimiento a largo plazo [163]. La elección del sistema debe considerar distribución de fuerzas, higiene y facilidad de mantenimiento [164].

2.2. Métodos y protocolos para la rehabilitación final

La rehabilitación definitiva exige precisión en la transferencia tridimensional de la posición implantaria al laboratorio. Los errores en esta fase pueden generar tensiones internas que comprometan la estabilidad a largo plazo [165].

2.2.1 Técnicas de impresión convencional

Las técnicas de impresión pueden clasificarse en:

- Técnica cerrada (transfer coping de arrastre).
- Técnica abierta (pick-up).

La técnica abierta ofrece mayor precisión en rehabilitaciones múltiples, especialmente cuando existen implantes no paralelos [166]. La estabilidad dimensional del material de impresión influye directamente en la exactitud del modelo de trabajo [167].

2.2.2. Impresión digital

El escaneo intraoral ha demostrado precisión comparable a la técnica convencional en restauraciones unitarias y puentes cortos [168]. Sin embargo, en rehabilitaciones extensas, la acumulación de errores digitales puede afectar la exactitud marginal [169]. La digitalización reduce pasos intermedios y mejora la comunicación laboratorio-clínica [170].

2.2.3. Ajuste pasivo

El ajuste pasivo es uno de los principios fundamentales en restauraciones implantosoportadas múltiples. Se define como la ausencia de tensiones internas entre estructura protésica e implantes al momento de la fijación [171]. La falta de pasividad puede inducir aflojamiento de tornillos,

fracturas protésicas y pérdida ósea marginal progresiva [172]. Diversos métodos de verificación clínica incluyen prueba del tornillo único y radiografía periapical de control [173].

Tabla 6.
Comparación entre técnicas de impresión implantológica

Técnica	Ventajas	Limitaciones	Indicaciones
Cerrada	Simplicidad	Menor precisión en múltiples implantes	Restauraciones unitarias
Abierta	Mayor exactitud	Mayor complejidad clínica	Rehabilitaciones múltiples

Nota: La elección debe basarse en número de implantes, paralelismo y experiencia clínica [166–170].

2.2.4 Verificación radiográfica de la adaptación protésica

La evaluación radiográfica constituye un paso crítico antes de la fijación definitiva de la restauración implantosoportada. La radiografía periapical con técnica paralela permite verificar la correcta adaptación entre pilar y plataforma implantaria, así como la ausencia de microespacios interfaciales [174]. Desajustes marginales microscópicos pueden generar micro movimientos funcionales, facilitando la infiltración bacteriana en la interfase implante–pilar y favoreciendo inflamación periimplantaria [175]. La detección temprana de estos desajustes permite corregir interferencias antes de la carga funcional definitiva. En rehabilitaciones múltiples, la verificación radiográfica debe realizarse en cada implante individualmente, especialmente tras la prueba del tornillo único, con el fin de descartar tensiones internas ocultas [176].

2.2.5 Control oclusal en restauraciones implantosoportadas

2.2.5.1 Principios de oclusión sobre implantes

La ausencia de ligamento periodontal elimina la capacidad de amortiguación fisiológica del implante, lo que obliga a un diseño oclusal cuidadosamente controlado [177]. Las restauraciones implantosoportadas deben recibir cargas predominantemente axiales y minimizar fuerzas laterales excéntricas.

Se recomienda:

- Contactos ligeros en máxima intercuspidación.
- Ausencia de contactos en excursiones excéntricas en implantes unitarios anteriores.
- Distribución uniforme en rehabilitaciones múltiples.

La sobrecarga oclusal se ha asociado con mayor pérdida ósea marginal y complicaciones mecánicas como aflojamiento de tornillos [178].

2.2.5.2 Ajuste en movimientos excéntricos

En sector posterior, los implantes no deben actuar como elementos guía primarios en lateralidad o protrusión [179]. En rehabilitaciones completas, la oclusión mutuamente protegida o esquema balanceado debe adaptarse según el caso clínico. La evaluación con papel articular de diferentes grosores y el uso de shimstock permiten identificar contactos prematuros con mayor precisión [180].

2.2.6 Protocolo de torque y fijación definitiva

La fijación de restauraciones atornilladas debe realizarse respetando el torque recomendado por el fabricante, generalmente entre 25 y 35 Ncm según el sistema implantario [181]. El uso de torque controlado favorece la precarga adecuada del tornillo, reduciendo el riesgo de aflojamiento secundario [182]. Se recomienda reapretar el tornillo tras 5–10 minutos para compensar el fenómeno de asentamiento (“settling effect”) [183]. La ausencia de torque controlado puede generar pérdida progresiva de precarga y micromovimientos funcionales [184].

2.2.7 Evaluación tisular previa a la entrega definitiva

Antes de la fijación definitiva, debe evaluarse:

- Ausencia de inflamación periimplantaria.
- Estabilidad del perfil de emergencia.
- Integridad del sellado mucoso.
- Ausencia de compresión tisular excesiva.

Restauraciones con sobre contorno cervical pueden inducir inflamación persistente y predisponer a mucositis periimplantaria [185]. El diseño protésico debe facilitar higiene interdental y acceso para mantenimiento profesional [186].

2.2.8 Documentación clínica y control inicial

La entrega definitiva debe acompañarse de:

- Registro fotográfico intraoral.
- Radiografía de control post-fijación.
- Registro de torque aplicado.
- Instrucciones de mantenimiento.

El seguimiento en los primeros 3–6 meses permite detectar complicaciones mecánicas tempranas y ajustar oclusión si es necesario [187].

Tabla 2.2.

Secuencia clínica previa a la fijación definitiva

Paso clínico	Objetivo	Riesgo si se omite
Verificación radiográfica	Confirmar adaptación pasiva	Microfiltración, micro movimiento
Ajuste oclusal	Controlar fuerzas laterales	Sobrecarga crestal
Torque controlado	Garantizar precarga adecuada	Aflojamiento de tornillos
Evaluación tisular	Preservar estabilidad biológica	Mucositis periimplantaria
Registro clínico	Seguimiento longitudinal	Falta de trazabilidad

Nota: La omisión de cualquiera de estos pasos incrementa la probabilidad de complicaciones mecánicas y biológicas a mediano plazo [174–187].

2.3 Restauraciones cementadas vs atornilladas

La elección entre restauraciones cementadas y atornilladas representa una decisión crítica que impacta directamente en la estabilidad biológica periimplantaria, la gestión de complicaciones mecánicas y la previsibilidad a largo plazo del tratamiento [207]. En implantología avanzada, esta decisión debe sustentarse en fundamentos biomecánicos, microbiológicos y protésicos integrados.

2.3.1 Microgap, sellado y comportamiento biológico

La interfase implante–pilar presenta inevitablemente un microgap microscópico que puede actuar como reservorio bacteriano [208]. En restauraciones atornilladas directas al implante, la conexión se produce en la plataforma implantaria, mientras que en restauraciones cementadas el microgap se localiza a nivel implante–pilar y adicionalmente puede existir un espacio marginal entre pilar y corona.

La presencia de cemento subgingival constituye un factor de riesgo independiente para inflamación periimplantaria [209]. Estudios histopatológicos han demostrado infiltrado inflamatorio crónico asociado a restos microscópicos de cemento no detectados clínicamente [210]. Por tanto, desde una perspectiva biológica pura, las restauraciones atornilladas reducen el riesgo de contaminación subgingival al eliminar el uso de cemento intraoral [211].

2.3.2 Mecánica del tornillo protésico y precarga

El tornillo protésico funciona como un elemento de fijación por precarga. Al aplicar torque controlado, se genera una fuerza tensional que mantiene unidos implante y restauración mediante fricción [212]. La estabilidad depende de:

- Magnitud del torque aplicado.
- Coeficiente de fricción.

- Diseño de la rosca.
- Asentamiento inicial (“settling effect”).

Se estima que hasta un 10% de la precarga puede perderse en los primeros minutos tras el torque inicial, lo que justifica el reapriete protocolizado [213]. El aflojamiento del tornillo representa una de las complicaciones mecánicas más frecuentes en restauraciones atornilladas, especialmente en presencia de cargas laterales excesivas [214].

2.3.3 Cementación: tipos de cemento y control clínico

En restauraciones cementadas, la elección del cemento influye en retrievabilidad y riesgo biológico.

2.3.3.1 Cementos provisionales

Los cementos provisionales permiten futura remoción, pero presentan menor resistencia retentiva [215]. Son preferibles en casos donde se anticipa necesidad de mantenimiento o ajustes posteriores.

2.3.3.2 Cementos definitivos

Cementos resinosos o ionoméricos ofrecen mayor retención, pero dificultan la retrievabilidad y aumentan el riesgo en caso de exceso subgingival [216]. El diseño de pilares con márgenes supragingivales o ligeramente equigingivales reduce significativamente la probabilidad de retención de cemento residual [217].

2.3.4 Canales de acceso angulados (ASC)

El desarrollo de sistemas de canal de tornillo angulado (Angulated Screw Channel, ASC) ha ampliado las indicaciones de restauraciones atornilladas incluso en casos con angulación desfavorable [218]. Estos sistemas permiten corregir hasta 20–25° de divergencia sin comprometer la integridad estructural. La tecnología ASC ha reducido la necesidad de optar por restauraciones cementadas exclusivamente por limitaciones de eje implantario [219].

2.3.5 Soluciones híbridas y conceptos contemporáneos

En implantología avanzada, han surgido soluciones híbridas como:

- Coronas atornilladas sobre base de titanio cementada extraoral mente.
- Restauraciones cementadas fuera de boca y posteriormente atornilladas.

Este enfoque combina ventajas de ajuste pasivo del cemento con seguridad biológica del sistema atornillado [220]. La cementación extraoral sobre base de titanio reduce significativamente el riesgo de exceso de cemento intraoral [221].

2.3.6 Comparación biomecánica funcional

Desde el punto de vista de distribución de cargas, ambas restauraciones pueden comportarse de forma similar cuando el ajuste es pasivo y la oclusión está controlada [222]. Sin embargo, la retrievabilidad de las restauraciones atornilladas permite mantenimiento mecánico sin destrucción estructural, lo que favorece su indicación en rehabilitaciones múltiples o de alto riesgo mecánico [223]. En rehabilitaciones completas, la mayoría de protocolos contemporáneos favorecen estructuras atornilladas por razones de mantenimiento y previsibilidad [224].

2.3.7 Algoritmo clínico de decisión

La elección debe basarse en:

1. ¿Existe eje implantario favorable?
2. ¿El acceso al tornillo compromete estética?
3. ¿El paciente presenta alto riesgo biológico?
4. ¿Se anticipa necesidad de retrievabilidad futura?
5. ¿El margen protésico es profundo subgingival?

Si la respuesta a 3 o 4 es afirmativa, la indicación preferente es atornillada [225].

Tabla 2.4.

Análisis comparativo avanzado

Parámetro	Atornillada	Cementada
Microgap crítico	Uno (implante–pilar)	Dos potenciales
Riesgo de restos subgingivales	Nulo	Presente
Retrievabilidad	Total	Limitada
Flexibilidad ante angulación	Mejor con ASC	Alta
Mantenimiento a largo plazo	Simplificado	Complejo
Indicación en alto riesgo biológico	Preferente	No recomendable

Nota: La evidencia contemporánea tiende a favorecer restauraciones atornilladas en rehabilitaciones complejas y pacientes con riesgo biológico elevado [207–225].

2.4 Materiales y componentes en restauraciones definitivas

La selección de materiales en restauraciones implanto-soportadas no debe basarse exclusivamente en criterios estéticos, sino en una evaluación integral que contemple resistencia mecánica, comportamiento frente a fatiga, estabilidad marginal, biocompatibilidad y capacidad de mantenimiento a largo plazo [226]. La interacción entre material restaurador, tipo de conexión implantaria y esquema oclusal determina en gran medida la supervivencia funcional de la

rehabilitación. En implantología avanzada, la elección del material debe alinearse con el riesgo biomecánico del paciente, la localización anatómica y la exigencia estética [227].

2.4.1 Zirconia

2.4.1.1 Zirconia monolítica

La zirconia monolítica ha ganado amplia aceptación debido a su elevada resistencia a la flexión (900–1200 MPa) y su excelente comportamiento frente a fractura [228]. Su uso está particularmente indicado en sectores posteriores donde las fuerzas masticatorias son mayores. La ausencia de estratificación cerámica reduce el riesgo de chipping, una de las complicaciones más frecuentes en restauraciones cerámicas implantosoportadas [229]. No obstante, su rigidez elevada puede transmitir mayores tensiones al implante si no se controla adecuadamente la oclusión [230].

2.4.1.2 Zirconia estratificada

La zirconia con recubrimiento cerámico mejora el resultado estético en sectores anteriores al permitir caracterización óptica más natural [231]. Sin embargo, la interfaz núcleo–recubrimiento constituye un punto potencial de fractura. El chipping cerámico se ha reportado con mayor frecuencia en rehabilitaciones múltiples extensas [232].

2.4.2 Disilicato de litio

El disilicato de litio presenta resistencia a la flexión entre 360–500 MPa y excelente translucidez, lo que lo hace ideal en restauraciones unitarias del sector anterior [233]. Su indicación debe limitarse a escenarios con bajo riesgo mecánico y adecuada distribución axial de fuerzas [234]. En rehabilitaciones múltiples o pacientes bruxómanos, su uso requiere evaluación cuidadosa. El comportamiento adhesivo del disilicato permite excelente integración con bases de titanio en restauraciones híbridas [235].

2.4.3 Metal-cerámica

Las restauraciones metal-cerámica continúan siendo una opción válida por su resistencia mecánica y comportamiento clínico predecible a largo plazo [236]. El núcleo metálico proporciona rigidez estructural adecuada en rehabilitaciones extensas, aunque puede comprometer translucidez en sectores anteriores [237]. En pacientes con alto riesgo de fractura o carga elevada, la metal-cerámica puede ofrecer mayor margen de seguridad [238].

2.4.4 Bases de titanio (Ti-base) y restauraciones híbridas Las bases de titanio permiten combinar resistencia metálica en la conexión implantaria con restauraciones cerámicas cementadas

extraoral mente [239]. Este enfoque reduce el riesgo de fractura en la zona de conexión y mejora la adaptación marginal. La cementación extraoral sobre Ti-base disminuye la probabilidad de exceso de cemento subgingival [240]. El diseño híbrido zirconia–titanio ha demostrado comportamiento favorable frente a fatiga mecánica [241].

2.4.5 Pilares personalizados CAD/CAM

Los pilares personalizados permiten optimizar el perfil de emergencia y corregir discrepancias angulares [242]. Su fabricación digital mejora la precisión y reduce microespacios interfaciales. El uso de pilares anatómicos personalizados se asocia con mejor estabilidad tisular en sector anterior [243]. La selección del material del pilar (titanio vs zirconia) debe considerar riesgo mecánico y biotipo mucoso [244].

2.4.6 Comportamiento frente a fatiga y longevidad

La fatiga mecánica representa un fenómeno acumulativo que puede inducir fractura tardía de materiales restauradores [245]. La selección debe considerar:

- Módulo de elasticidad.
- Resistencia a fractura.
- Comportamiento bajo carga cíclica.
- Compatibilidad con esquema oclusal.

Materiales excesivamente rígidos pueden transmitir mayores tensiones al hueso crestal, mientras que materiales con cierta capacidad de absorción pueden reducir picos de estrés [246].

2.4.7 Interacción material–biología

La superficie del material influye en la acumulación de biofilm. Estudios comparativos han demostrado menor adhesión bacteriana en zirconia pulida en comparación con ciertas aleaciones metálicas [247]. La estabilidad del tejido blando periimplantario puede verse favorecida por materiales con mejor biocompatibilidad superficial [248].

Tabla 2.5

Comparación de materiales en restauraciones implantoportadas

Material	Resistencia	Indicación principal	Riesgo mecánico	Ventaja principal
Zirconia monolítica	Muy alta	Sector posterior	Bajo	Resistencia y ausencia de chipping
Zirconia estratificada	Alta	Sector anterior	Moderado	Estética superior
Disilicato de litio	Moderada	Unitaria anterior	Alto en cargas elevadas	Translucidez

Metal-cerámica	Alta	Rehabilitaciones extensas	Bajo	Predecibilidad
Híbrida Ti-base	Alta	Unitaria y múltiple	Bajo	Seguridad en conexión

Nota: La elección del material debe alinearse con riesgo biomecánico, exigencia estética y plan de mantenimiento a largo plazo [226–248].

2.5 Integración y adaptación funcional de las restauraciones

2.5 Integración y adaptación funcional de las restauraciones

La restauración definitiva implantosoportada no debe evaluarse únicamente por su adaptación marginal o resultado estético inmediato, sino por su comportamiento funcional dinámico dentro del sistema estomatognático. La integración funcional implica armonizar la restauración con el esquema oclusal existente, controlar la dirección de fuerzas y minimizar la generación de tensiones perjudiciales a nivel crestal. La ausencia de ligamento periodontal elimina el mecanismo fisiológico de amortiguación propio del diente natural, lo que convierte a la restauración implantosoportada en un elemento rígido con transmisión directa de carga al hueso alveolar. Esta característica obliga a un control oclusal más preciso que en prótesis dentosoportadas.

2.5.1 Principios de oclusión en implantología

2.5.1.1 Carga axial predominante

Las fuerzas deben orientarse lo más paralelas posible al eje longitudinal del implante. Las cargas oblicuas generan momentos de rotación que aumentan el estrés en la cortical crestal, especialmente en presencia de cantilevers extensos. En pacientes con múltiples implantes, la distribución homogénea de contactos en máxima intercuspidación reduce la concentración de carga en implantes individuales.

2.5.1.2 Reducción de fuerzas excéntricas

Las fuerzas laterales excéntricas representan uno de los principales factores asociados a complicaciones mecánicas, como aflojamiento de tornillos y fracturas protésicas [249]. En restauraciones unitarias posteriores, se recomienda contacto ligero en máxima intercuspidación y ausencia de contacto en excursiones laterales cuando sea posible.

2.5.1.3 Esquemas oclusales recomendados

En rehabilitaciones parciales:

- Oclusión mutuamente protegida cuando existan dientes naturales.
- Protección canina adecuada.

En rehabilitaciones completas implantoportadas:

- Esquema balanceado modificado.
- Distribución uniforme bilateral.

La elección del esquema debe basarse en análisis funcional previo y presencia de para funciones [250].

2.5.2 Control de cantiléver

El cantiléver genera un incremento proporcional del momento de fuerza en el implante terminal ($M = F \times d$). La longitud del cantiléver debe minimizarse y ajustarse a la densidad ósea y número de implantes disponibles [251]. En protocolos de arcada completa, la relación implante–cantilever no debe exceder proporciones biomecánicamente tolerables, particularmente en maxilar superior con hueso tipo III o IV [252].

2.5.3 Adaptación progresiva a la carga

En rehabilitaciones extensas, la adaptación neuromuscular del paciente puede requerir un período de ajuste progresivo. Pequeñas modificaciones oclusales durante los primeros meses pueden prevenir sobrecarga acumulativa. El seguimiento temprano permite identificar signos de sobrecarga como sensibilidad, movilidad protésica o cambios radiográficos marginales.

2.5.4 Interacción material–función

La rigidez del material restaurador influye en la transmisión de carga. Materiales con módulo de elasticidad elevado, como zirconia monolítica, pueden transmitir mayores tensiones si no se controla la oclusión adecuadamente [253]. En pacientes con bruxismo, el diseño oclusal debe acompañarse de férula de descarga nocturna para proteger componentes protésicos [254].

2.5.5 Mantenimiento funcional a largo plazo

La estabilidad funcional no es un evento estático, sino un proceso dinámico. Cambios en dentición antagonista, desgaste natural o alteraciones oclusales pueden modificar la distribución de carga con el tiempo. El mantenimiento periódico permite:

- Reevaluar contactos oclusales.
- Verificar torque.
- Detectar microfracturas.
- Evaluar estabilidad ósea marginal.

Las revisiones anuales constituyen estándar recomendado en rehabilitaciones implantoportadas extensas [255].

Tabla 2.6

Parámetros de integración funcional

Factor	Recomendación clínica	Riesgo si no se controla
Contactos axiales	Distribución homogénea	Sobrecarga localizada
Excursiones laterales	Minimizar contactos implantarios	Aflojamiento protésico
Cantilever	Reducir longitud	Incremento de momento rotacional
Para función	Uso de férula	Fractura o fatiga
Seguimiento	Control anual	Complicaciones acumulativas

Nota: La integración funcional adecuada reduce complicaciones mecánicas y favorece estabilidad ósea marginal a largo plazo [249–255].

2.6. Integración restauradora y fundamentos para la estabilidad a largo plazo

El éxito de una restauración definitiva implantoportada no depende únicamente de la osteointegración inicial, sino de la capacidad de la rehabilitación protésica para integrarse armónicamente en el entorno biológico y funcional del paciente. La restauración definitiva constituye el elemento que transmite fuerzas al sistema implantario y, por tanto, actúa como interfaz crítica entre mecánica y biología [256]. A lo largo de este capítulo se ha evidenciado que la precisión en la transferencia tridimensional, el ajuste pasivo, el control del torque y la correcta verificación radiográfica no son pasos aislados, sino componentes interdependientes de una secuencia clínica que busca minimizar tensiones internas y preservar la estabilidad periimplantaria [257].

La decisión entre restauraciones cementadas y atornilladas representa una de las controversias clínicas más relevantes en implantología contemporánea. La evidencia sugiere que, si bien ambas opciones pueden alcanzar tasas de supervivencia elevadas, la retrievabilidad y la reducción del riesgo biológico han consolidado una tendencia hacia sistemas atornillados.

Innovación Tecnológica en la Rehabilitación Implantológica

Innovación Tecnológica en la Rehabilitación Implantológica

La implantología contemporánea ha experimentado una transformación sustancial impulsada por la integración de tecnologías digitales en diagnóstico, planificación, cirugía y restauración. La digitalización ha permitido reducir errores acumulativos, mejorar la precisión tridimensional y optimizar la comunicación entre clínica y laboratorio [265]. El flujo analógico tradicional, basado en impresiones físicas, modelos de yeso y encerados manuales, ha sido progresivamente reemplazado por flujos digitales que integran escaneo intraoral, CBCT y diseño asistido por computadora (CAD/CAM). Esta transición no solo representa una evolución tecnológica, sino un cambio conceptual en la forma de planificar y ejecutar rehabilitaciones implantosoportadas [266]. La innovación tecnológica no debe entenderse como sustitución automática de métodos convencionales, sino como herramienta estratégica que, correctamente aplicada, incrementa predictibilidad clínica y reduce complicaciones [267].

3.1 Sistemas CAD/CAM en rehabilitación implantológica

3.1.1 Principios del diseño asistido por computadora

El diseño asistido por computadora (CAD) permite modelar restauraciones con precisión micrométrica, controlando parámetros como:

- Perfil de emergencia.
- Espesor mínimo del material.
- Contactos proximales.
- Oclusión virtual.

La fabricación asistida por computadora (CAM) garantiza replicabilidad y exactitud dimensional superior a métodos manuales tradicionales en múltiples escenarios clínicos [268]. Estudios comparativos han demostrado mejor ajuste marginal promedio en restauraciones fresadas digitalmente frente a técnicas convencionales en determinados casos [269].

3.1.2 Flujo digital completo vs flujo híbrido

El flujo digital completo integra:

1. Escaneo intraoral.
2. Fusión con CBCT.
3. Diseño virtual.
4. Fresado o impresión 3D.
5. Ajuste clínico mínimo.

El flujo híbrido combina pasos analógicos y digitales, siendo ampliamente utilizado en rehabilitaciones extensas [270]. La elección entre ambos depende de complejidad del caso, experiencia clínica y disponibilidad tecnológica [271].

3.2 Integración de imágenes 3D, CBCT y escáner intraoral

3.2.1 CBCT en planificación tridimensional

La tomografía volumétrica (CBCT) permite análisis detallado de:

- Densidad ósea.
- Volumen disponible.
- Trayectoria implantaria.
- Proximidad a estructuras anatómicas críticas.

La planificación basada en CBCT ha demostrado reducir desviaciones angulares y errores apico-coronales en comparación con planificación bidimensional [272].

3.2.2 Escáner intraoral y precisión digital

Los escáneres intraorales han alcanzado niveles de precisión comparables a impresiones convencionales en restauraciones unitarias y parciales [273]. Sin embargo, en rehabilitaciones completas implantoportadas, la acumulación de errores digitales puede afectar la exactitud global del modelo virtual [274]. La calibración del escáner y la experiencia del operador influyen directamente en la fidelidad de la digitalización [275].

Figura 3.1.

Flujo digital integrado en rehabilitación implantológica: de la planificación virtual a la fabricación de guía quirúrgica



Nota: Representación del flujo digital completo en implantología contemporánea. Se observa la integración de tomografía volumétrica (CBCT), escaneo intraoral, diseño asistido por computadora (CAD) y fabricación aditiva de guía quirúrgica mediante impresión 3D.

La integración de archivos DICOM (CBCT) con STL (escaneo intraoral) permite planificación protésicamente guiada altamente precisa [276]. Esta fusión digital facilita:

- Posicionamiento ideal del implante.
- Diseño de guías quirúrgicas.
- Simulación del resultado restaurador final.

Estudios han demostrado menor desviación entre planificación y resultado quirúrgico cuando se emplean guías digitales correctamente diseñadas [277].

3.3 Guías quirúrgicas: precisión y controversias

3.3.1 Guías estáticas

Las guías estáticas impresas en 3D permiten posicionamiento predefinido del implante. Las desviaciones promedio reportadas oscilan entre 0.5–1.5 mm en eje coronal y 2–4° en angulación [278]. Factores como estabilidad de la guía, soporte mucoso y apertura bucal pueden influir en la precisión final [279].

3.3.2. Navegación dinámica

Los sistemas de navegación dinámica permiten seguimiento en tiempo real de la trayectoria implantaria [280]. Aunque ofrecen alta precisión, requieren curva de aprendizaje significativa y equipamiento especializado. Comparaciones entre sistemas estáticos y dinámicos muestran resultados similares en precisión promedio, aunque la variabilidad clínica puede diferir [281].

3.4. Impacto de la tecnología digital en resultados clínicos

La digitalización ha reducido tiempos clínicos y mejorada comunicación interdisciplinaria. Sin embargo, la evidencia no siempre demuestra superioridad absoluta en supervivencia implantaria, sino mejoras principalmente en precisión y eficiencia [282]. La incorporación tecnológica debe ir acompañada de criterio clínico sólido; la tecnología no compensa deficiencias diagnósticas o biomecánicas [283].

3.5. Inteligencia artificial y planificación predictiva

El uso emergente de inteligencia artificial (IA) en implantología permite análisis automatizado de densidad ósea, planificación preliminar y predicción de riesgos biomecánicos [284]. Algoritmos de aprendizaje automático están siendo evaluados para optimizar posicionamiento implantario y anticipar complicaciones [285]. Aunque prometedora, la IA aún requiere validación clínica robusta antes de su adopción generalizada.

Tabla 3.1
Comparación entre flujo analógico y flujo digital

Parámetro	Analógico	Digital
Precisión repetible	Moderada	Alta
Tiempo clínico	Mayor	Reducido
Comunicación laboratorio	Indirecta	Integrada
Curva de aprendizaje	Baja	Moderada–Alta
Inversión inicial	Baja	Alta

Nota: La elección del flujo debe considerar complejidad del caso, infraestructura disponible y experiencia del operador [265–285].

3.5 Precisión comparativa y márgenes de error en flujos digitales

La precisión constituye uno de los argumentos centrales que sustentan la adopción del flujo digital en implantología. Sin embargo, la digitalización no elimina completamente el error clínico; simplemente modifica su naturaleza y su origen. Mientras que en el flujo analógico los errores suelen asociarse a distorsión del material de impresión, expansión del yeso o manipulación manual, en el flujo digital los márgenes de error se vinculan con adquisición de imagen, alineación de archivos y algoritmos de procesamiento [286]. La precisión digital debe analizarse bajo dos parámetros fundamentales:

- Exactitud (truenos): grado de proximidad al valor real.
- Precisión (precisión): capacidad de reproducir resultados consistentes.

Ambos conceptos son determinantes en rehabilitaciones implantosoportadas múltiples, donde pequeñas desviaciones pueden traducirse en tensiones internas acumulativas [287].

3.5.1 Desviaciones lineales y angulares

Diversos estudios han evaluado la desviación entre planificación digital y resultado quirúrgico real. Las guías estáticas muestran desviaciones promedio:

- 0.5–1.5 mm en punto coronal.
- 0.7–2.0 mm en ápice.
- 2–4° en angulación.

Aunque clínicamente aceptables en la mayoría de escenarios, estas variaciones pueden adquirir relevancia en sectores estéticos o en proximidad a estructuras anatómicas críticas [288]. En rehabilitaciones múltiples extensas, la acumulación progresiva de pequeños errores puede comprometer el ajuste pasivo final [289].

3.5.2 Escaneo intraoral en arcadas completas

La precisión del escaneo intraoral en restauraciones unitarias ha demostrado ser comparable a técnicas convencionales [290]. Sin embargo, en escaneos de arcada completa implantosoportada,

el fenómeno de acumulación secuencial puede generar desviaciones mayores en el extremo opuesto del arco [291]. Factores que influyen en el margen de error:

- Estrategia de escaneo.
- Tipo de escáner.
- Número de implantes.
- Presencia de tejidos blandos móviles.

La literatura reporta que la experiencia del operador reduce significativamente variabilidad [292].

3.5.3. Ajuste marginal y pasividad en restauraciones CAD/CAM

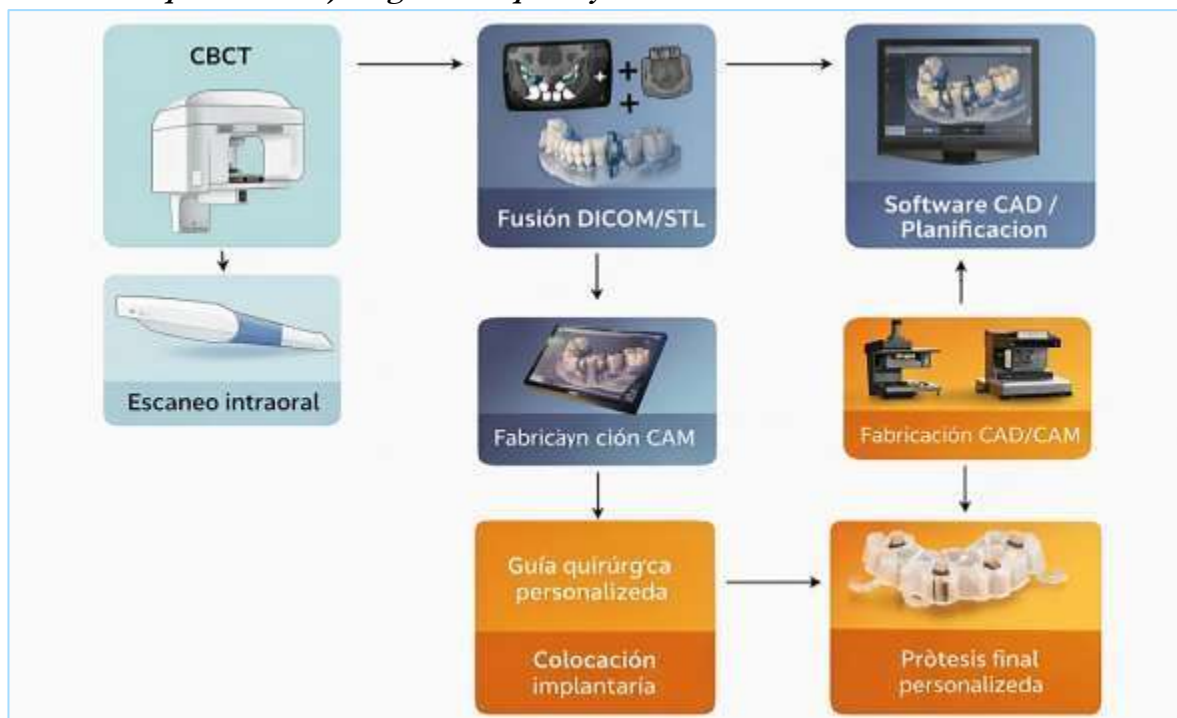
La adaptación marginal de restauraciones fresadas digitalmente suele encontrarse dentro de rangos clínicamente aceptables ($<120\ \mu\text{m}$) en múltiples estudios comparativos [293]. Sin embargo, la precisión depende de:

- Calibración del fresador.
- Tipo de material.
- Diseño digital.
- Control de espesor mínimo.

En estructuras implantoportadas múltiples, incluso discrepancias mínimas pueden inducir tensiones internas si no se verifica pasividad clínica [294].

Figura 3.2.

Modelo conceptual del flujo digital completo y cadena de transferencia tridimensional



Nota: La elección del flujo debe considerar complejidad del caso, infraestructura disponible y experiencia del operador [265–285].

3.5.4. Errores acumulativos en flujo digital completo

El flujo digital completo incluye múltiples etapas susceptibles a error:

1. Captura CBCT.
2. Segmentación de imagen.
3. Fusión DICOM–STL.
4. Diseño CAD.
5. Impresión o fresado.
6. Posicionamiento quirúrgico.

Cada etapa introduce una variabilidad potencial que puede sumarse a la anterior [295]. La precisión final depende del control riguroso de cada fase. La estandarización de protocolos digitales reduce significativamente la dispersión de resultados [296].

3.5.5 ¿Es el flujo digital superior al analógico?

La evidencia actual sugiere que el flujo digital ofrece ventajas en:

- Repetibilidad.
- Comunicación interdisciplinaria.
- Reducción de tiempos.
- Documentación permanente.

Sin embargo, no se ha demostrado superioridad absoluta en supervivencia implantaria a largo plazo exclusivamente por digitalización [297]. La tecnología mejora precisión técnica, pero no sustituye diagnóstico adecuado ni criterio biomecánico [298].

Tabla 3.2

Márgenes de error comparativos en implantología

Parámetro	Flujo Analógico	Flujo Digital
Distorsión material	Posible	Nula
Error de modelo	Moderado	Bajo
Error de escaneo	Nulo	Posible acumulativo
Desviación quirúrgica	Variable	Reducida con guía
Repetibilidad	Limitada	Alta

Nota: Ambos flujos pueden ofrecer resultados clínicamente aceptables cuando se aplican bajo protocolos estandarizados [286–298].

3.6. Impresión 3D y fabricación aditiva en implantología

La fabricación aditiva ha transformado la producción de guías quirúrgicas, modelos de estudio, provisionales y estructuras protésicas. A diferencia del fresado sustractivo, la impresión 3D construye objetos capa por capa a partir de resinas fotopolimerizables o metales sinterizados [299].

3.6.1. Aplicaciones clínicas La impresión 3D permite:

- Fabricación de guías quirúrgicas personalizadas.

- Modelos anatómicos para planificación compleja.
- Prótesis provisionales inmediatas.
- Estructuras metálicas mediante sinterizado láser selectivo (SLM).

En cirugía guiada, la precisión depende de la estabilidad dimensional del material impreso y de la calibración de la impresora [300].

3.6.2. Ventajas biomecánicas y logísticas

La fabricación aditiva permite reducción de desperdicio de material y personalización anatómica avanzada [301]. Además, facilita producción inmediata en clínica o laboratorio sin depender de procesos externos prolongados. La posibilidad de reproducir modelos digitales en cualquier momento mejora trazabilidad clínica [302].

3.6.3. Limitaciones actuales Las resinas impresas pueden presentar:

- Contracción por polimerización.
- Deformación térmica.
- Variabilidad entre lotes.

En estructuras definitivas, el fresado aún ofrece mayor estabilidad dimensional en ciertos materiales como zirconia monolítica [303]. La validación de resistencia mecánica en prótesis impresas definitivas continúa en evaluación [304].

3.6.4. Futuro de la fabricación aditiva

La combinación de impresión 3D con materiales cerámicos avanzados y aleaciones metálicas personalizadas abre nuevas posibilidades en implantología personalizada [305]. La integración con inteligencia artificial podría optimizar diseño estructural basado en análisis predictivo de carga [306].

Tabla 3.3.

Fabricación sustractiva vs aditiva

Característica	Fresado (CAM)	Impresión 3D
Precisión estructural	Muy alta	Alta
Desperdicio de material	Alto	Bajo
Velocidad	Moderada	Alta
Aplicación en guías	Sí	Sí
Prótesis definitivas	Estándar actual	En evolución

Nota: La selección del método depende del material restaurador, requerimientos estructurales y complejidad del caso [299–306].

3.7. Integración tecnológica y proyección clínica

La innovación tecnológica en implantología no debe entenderse como sustitución del criterio clínico, sino como una herramienta que amplifica la capacidad diagnóstica y la precisión operatoria. La digitalización ha permitido integrar información anatómica, protésica y funcional en un único entorno tridimensional, reduciendo la variabilidad clínica y mejorando la previsibilidad restauradora.

CAPÍTULO 4.

Protocolos Quirúrgicos y Protocolo de Carga

4.1. Técnicas quirúrgicas y su relación con la rehabilitación final

La fase quirúrgica en implantología contemporánea no puede concebirse como un acto aislado de colocación de un dispositivo intraóseo, sino como la materialización clínica de una planificación restauradora integral. Se define como cirugía protésicamente guiada al procedimiento quirúrgico en el cual la posición tridimensional del implante (mesiodistal, vestibulo-lingual y apico-coronal) está determinada por el diseño protésico definitivo y no exclusivamente por la disponibilidad ósea residual.

En este enfoque, el implante deja de ser el objetivo primario y pasa a convertirse en el soporte estratégico de una restauración funcional y estética previamente planificada. Esta perspectiva transforma la cirugía en un proceso biomecánicamente orientado y estéticamente condicionado. La técnica quirúrgica seleccionada influye directamente en:

- **Estabilidad primaria:** se define como la fijación mecánica inicial del implante al hueso receptor inmediatamente después de su inserción.
- **Preservación de tejidos blandos:** mantenimiento de la arquitectura mucosa periimplantaria y del aporte vascular.
- **Remodelado óseo marginal:** cambios fisiológicos en el nivel óseo crestral tras la colocación.
- **Posibilidad de carga inmediata:** capacidad de someter el implante a función en las primeras 48 horas.
- **Pronóstico estético en sector anterior:** estabilidad del margen mucoso y perfil de emergencia a largo plazo.

4.1.1 Cirugía con colgajo (técnica abierta)

La cirugía con colgajo, también denominada técnica abierta, consiste en la elevación de un colgajo mucoperióstico mediante incisión crestral o paramarginal, permitiendo exposición directa del reborde alveolar para la realización de la osteotomía y colocación del implante. Esta técnica proporciona acceso visual completo al sitio quirúrgico, facilitando la evaluación intraoperatoria de la morfología ósea real.

Permite

- **Visualización directa del reborde:** inspección anatómica precisa del hueso cortical y medular.
- **Manejo de defectos óseos:** identificación y corrección de dehiscencias o fenestraciones.
- **Regeneración ósea simultánea:** incorporación de biomateriales y membranas en el mismo acto quirúrgico.
- **Modificación de fenotipo mucoso:** posibilidad de reposicionamiento apical o coronal del tejido blando.

Figura 4.1.

Colocación de de implantes mediante técnica abierta con elevación de colgajo mucoperióstico



Nota: Imagen intraoperatoria que muestra la inserción de implantes dentales bajo técnica abierta, con elevación de colgajo mucoperióstico y exposición directa del reborde alveolar. Esta técnica permite control visual del lecho quirúrgico, evaluación de la tabla vestibular y manejo simultáneo de defectos óseos cuando está indicado. La estabilidad primaria se obtiene mediante adecuada preparación del lecho y diseño macrogeométrico del implante.

Indicaciones

- Reborde alveolar atrófico con necesidad de confirmación visual.
- Defectos de tabla vestibular.
- Necesidad de regeneración ósea guiada.
- Casos estéticos donde se requiere control del margen mucoso.

Ventajas

- Control visual total del campo quirúrgico.
- Mayor capacidad de corrección intraoperatoria.
- Adaptabilidad ante hallazgos no previstos en la planificación digital.

Limitaciones

- Mayor inflamación postoperatoria.
- Posible alteración del aporte vascular periostal.
- Riesgo de remodelado crestal ligeramente superior en casos no controlados.

4.1.2. Cirugía flapless (sin colgajo)

La cirugía flapless consiste en la inserción del implante a través de la mucosa sin elevación de colgajo mucoperióstico, ya sea mediante punch tisular o perforación directa guiada. Se caracteriza por preservar la continuidad vascular periostal y minimizar el trauma quirúrgico.

Ventajas

- Menor trauma tisular.
- Preservación del suministro sanguíneo periostal.
- Disminución de edema y dolor postoperatorio.
- Recuperación más rápida.
- Potencial menor remodelado óseo crestal inicial en casos seleccionados.

Limitaciones

- Dependencia absoluta de planificación tridimensional precisa.
- Imposibilidad de visualizar defectos óseos ocultos.
- Mayor riesgo de perforación si no se emplea guía quirúrgica.
- No permite regeneración simultánea compleja.

Indicaciones estrictas

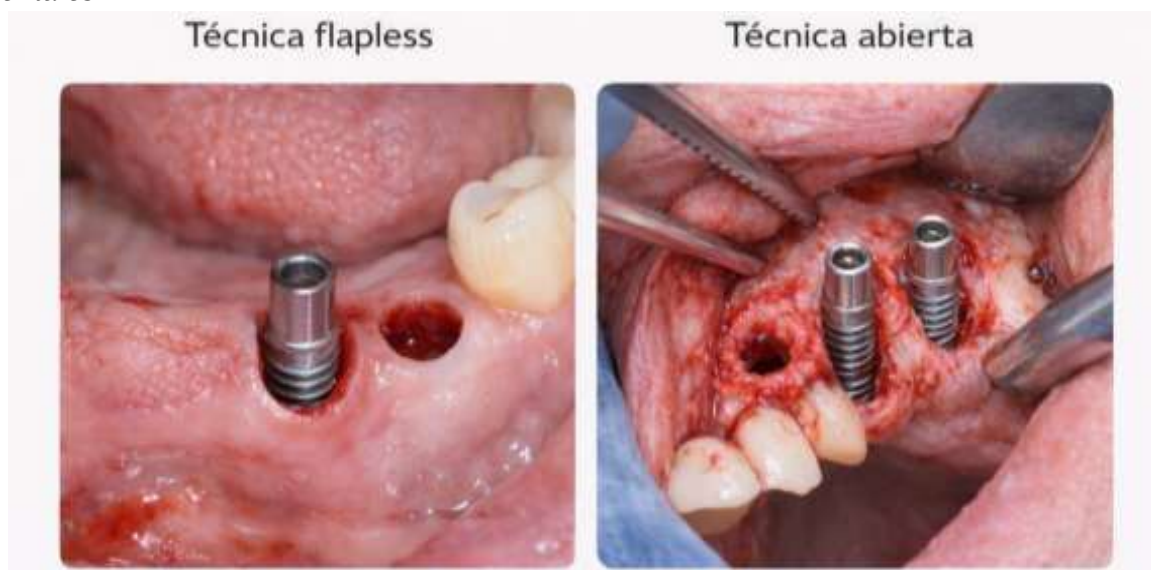
La técnica flapless está indicada únicamente cuando:

- Existe volumen óseo suficiente confirmado por CBCT.
- La planificación tridimensional es exacta.
- No se requiere aumento óseo.
- El eje protésico está claramente definido.

En ausencia de estos criterios, la técnica abierta ofrece mayor seguridad biológica.

Figura 4.2.

Comparación clínica entre técnica flapless y técnica abierta en la colocación de implantes dentales



Nota: Imagen comparativa intraoperatoria que ilustra dos abordajes quirúrgicos en implantología. A la izquierda, técnica flapless, caracterizada por la inserción transmucosa del implante sin elevación de colgajo, preservando el suministro vascular periostal y reduciendo el trauma quirúrgico. A la derecha, técnica abierta con elevación de colgajo mucoperióstico, que permite visualización directa del reborde alveolar, manejo simultáneo de defectos óseos y mayor control tridimensional del lecho quirúrgico.

4.1.3. Secuencia de fresado y control térmico

La secuencia de fresado es el conjunto progresivo de instrumentos rotatorios diseñados para preparar el lecho óseo receptor del implante. Su objetivo es crear un sitio quirúrgico con

dimensiones y morfología compatibles con la macrogeometría del implante, minimizando daño térmico y compresión excesiva.

Principios fundamentales El fresado debe realizarse bajo:

- Irrigación abundante (interna o externa).
- Presión axial controlada.
- Velocidad rotacional adecuada.
- Secuencia progresiva adaptada a la densidad ósea.

Control térmico

La temperatura crítica para viabilidad ósea se sitúa alrededor de 47°C. Exposiciones prolongadas por encima de este umbral pueden generar necrosis ósea y comprometer la osteointegración.

Subpreparación controlada

En hueso tipo III–IV, puede emplearse una preparación ligeramente inferior al diámetro del implante (subdimensionamiento), lo que incrementa fricción controlada y mejora estabilidad primaria sin generar compresión excesiva.

Figura 4.3.

Secuencia paso a paso del protocolo quirúrgico estándar para la colocación de implantes dentales



Nota: Diagrama ilustrativo de la secuencia quirúrgica estándar en implantología: anestesia local, elevación de colgajo mucoperióstico, osteotomía secuencial bajo irrigación controlada, inserción del implante con obtención de estabilidad primaria y cierre mediante sutura del colgajo. La correcta ejecución de cada etapa es determinante para preservar la viabilidad ósea, minimizar el trauma térmico y optimizar las condiciones para la osteointegración y el protocolo de carga posterior.

4.1.4. Diseño macrogeométrico del implante y estabilidad primaria

La macrogeometría del implante comprende el diseño externo visible del dispositivo, incluyendo forma, conicidad, patrón de rosca y diámetro. La estabilidad primaria se define como la fijación

mecánica inicial obtenida por la interacción física entre el implante y el hueso circundante inmediatamente después de la inserción.

Factores determinantes

La estabilidad primaria depende de:

- Diseño de rosca: roscas agresivas aumentan anclaje en hueso blando.
- Conicidad: implantes cónicos generan compresión lateral progresiva.
- Superficie tratada: mejora integración secundaria.
- Diámetro y longitud: mayor superficie de contacto óseo.
- Calidad ósea del sitio receptor: densidad y cortical disponible.

Implantes cónicos con roscas profundas suelen generar mayor estabilidad inicial en hueso de baja densidad, favoreciendo protocolos de carga temprana o inmediata cuando los demás criterios biomecánicos lo permiten.

Tabla 4.1

Comparación ampliada entre técnica abierta y flapless

Parámetro	Técnica abierta	Flapless
Visualización ósea	Directa	Indirecta
Manejo de defectos	Sí	No
Regeneración simultánea	Sí	Limitada
Trauma quirúrgico	Mayor	Menor
Dependencia digital	Moderada	Alta
Control estético	Alto	Selectivo

Nota: La selección de técnica quirúrgica debe integrarse dentro de una planificación protésicamente guiada, considerando estabilidad primaria, biotipo mucoso y protocolo de carga previsto.

4.2. Protocolo de carga en implantología

4.2.1. Definición de protocolo de carga

Se define como protocolo de carga al momento y la forma en que una restauración provisional o definitiva transmite fuerzas funcionales al implante tras su colocación quirúrgica. La carga puede ser inmediata, temprana o diferida, dependiendo del intervalo entre cirugía y restauración funcional. El objetivo fundamental del protocolo de carga es permitir que el proceso biológico de osteointegración ocurra sin interferencia mecánica perjudicial, manteniendo al mismo tiempo estabilidad clínica y funcional.

4.2.2 Bases biológicas ampliadas de la osteointegración

La osteointegración es un fenómeno biológico dinámico y multifásico mediante el cual se establece una conexión estructural y funcional directa entre el hueso vital y la superficie del implante, sin

interposición de tejido fibroso. Este proceso no es estático ni lineal; implica una secuencia coordinada de eventos celulares y moleculares que determinan la estabilidad secundaria del implante. La evolución de la osteointegración puede dividirse en cuatro fases interrelacionadas:

Fase inflamatoria inicial

Inicia inmediatamente después de la inserción del implante y se caracteriza por la activación de la cascada inflamatoria fisiológica secundaria al trauma quirúrgico.

Eventos principales:

- Formación de hematoma en el espacio periimplantario.
- Activación plaquetaria.
- Liberación de factores de crecimiento (PDGF, TGF- β , VEGF).
- Reclutamiento de neutrófilos y macrófagos.

Durante esta fase, los macrófagos desempeñan un papel clave regulando la transición hacia la reparación tisular. Una inflamación controlada es esencial para el inicio del proceso regenerativo; sin embargo, inflamación excesiva o infección pueden desviar la cicatrización hacia fibrosis.

Esta fase suele extenderse durante los primeros 3–5 días postoperatorios.

Formación de coágulo y matriz provisional

El coágulo sanguíneo inicial actúa como andamiaje biológico temporal. Se compone de fibrina, plaquetas y células inflamatorias que estabilizan el entorno periimplantario.

Posteriormente, el coágulo es reemplazado por una matriz provisional rica en:

- Células mesenquimales.
- Fibroblastos.
- Células progenitoras osteogénicas.
- Vasos sanguíneos en formación (angiogénesis).

La angiogénesis es determinante en esta etapa, ya que el nuevo aporte vascular permite el reclutamiento de células osteoblásticas responsables de la neoformación ósea. Si el implante experimenta micromovimientos excesivos en esta fase, la matriz provisional puede organizarse en tejido fibroso en lugar de tejido óseo. Duración aproximada: 1–2 semanas.

Remodelado óseo primario

En esta fase comienza la formación de hueso inmaduro (hueso entretejido o woven bone) directamente en contacto con la superficie del implante.

Existen dos mecanismos principales:

- **Osteogénesis de contacto:** formación ósea que inicia desde la superficie del implante hacia el hueso circundante.

- **Osteogénesis a distancia:** formación ósea desde el hueso existente hacia la superficie implantaria.

El hueso entretejido presenta organización irregular de fibras colágenas y menor resistencia mecánica que el hueso maduro, pero proporciona anclaje biológico inicial. En este período se produce la transición crítica de estabilidad primaria (mecánica) a estabilidad secundaria (biológica). Es la fase más vulnerable ante sobrecarga prematura. Duración aproximada: 2–6 semanas.

Remodelado secundario y maduración lamelar

El hueso inmaduro es progresivamente reemplazado por hueso lamelar organizado, caracterizado por:

- Disposición paralela de fibras colágenas.
- Mayor densidad mineral.
- Organización en sistemas osteonales.

Este remodelado mejora significativamente la capacidad del hueso para soportar cargas funcionales sostenidas. Durante esta etapa se consolida la estabilidad secundaria definitiva. La arquitectura ósea se adapta a las cargas mecánicas transmitidas por el implante, siguiendo principios de mecano transducción. Duración aproximada: desde la sexta semana hasta varios meses, pudiendo continuar en forma de remodelado fisiológico permanente.

Integración clínica de estas fases

Comprender esta secuencia es fundamental para seleccionar el protocolo de carga adecuado. La carga inmediata puede ser viable cuando la estabilidad primaria compensa el periodo crítico de transición biológica. En cambio, en casos con estabilidad limitada, la carga diferida permite que el remodelado primario y secundario se desarrollen sin interferencia mecánica. La osteointegración no es un evento puntual, sino un proceso adaptativo continuo que depende de:

- Estabilidad inicial adecuada.
- Control de micro movimiento.
- Preservación vascular.
- Ausencia de infección.
- Diseño macro y micro geométrico del implante.

4.2.3. Carga inmediata

Se considera carga inmediata cuando la restauración provisional se coloca dentro de las primeras 48 horas posteriores a la cirugía, estableciendo contacto funcional o estético inmediato.

Requisitos biomecánicos:

- Estabilidad primaria adecuada (torque $\geq 35\text{--}45$ Ncm).
- ISQ ≥ 65 cuando se utiliza análisis de resonancia.

- Ausencia de contactos excéntricos intensos.
- Distribución axial favorable de fuerzas.
- Control estricto de cantilever.

Indicaciones clínicas

- Sector anterior con alta demanda estética.
- Protocolos de arcada completa ferulizada.
- Pacientes con densidad ósea favorable.
- Implantes múltiples con distribución estratégica.

Ventajas

- Reducción del tiempo total de tratamiento.
- Preservación del perfil de emergencia.
- Satisfacción inmediata del paciente.

Riesgos

- Micromovimientos $>100\text{--}150\text{ }\mu\text{m}$.
- Sobrecarga prematura.
- Fracaso temprano si estabilidad primaria es insuficiente.

4.2.4. Carga temprana

Se denomina carga temprana cuando la restauración funcional se instala entre 1 semana y 8 semanas posteriores a la colocación del implante.

Características

- Permite fase inicial de cicatrización.
- Reduce riesgo comparado con carga inmediata.
- Puede utilizarse cuando estabilidad primaria es moderada.

Es una alternativa intermedia que equilibra tiempo de tratamiento y seguridad biológica.

4.2.5. Carga diferida

La carga diferida implica esperar un periodo de 8 a 12 semanas (o más, según densidad ósea) antes de colocar la restauración funcional.

Indicaciones

- Hueso tipo III–IV.
- Estabilidad primaria limitada.
- Procedimientos regenerativos simultáneos.
- Pacientes con factores sistémicos modificadores del hueso.

Ventajas

- Permite consolidación completa de estabilidad secundaria.

- Reduce riesgo de micromovimiento durante fase crítica.

Desventajas

- Mayor duración del tratamiento.
- Necesidad de provisionales removibles en algunos casos.

Tabla 4.2

Comparación estructurada de protocolos de carga

Protocolo	Tiempo de restauración	Requisito principal	Riesgo biológico	Indicaciones típicas
Inmediata	<48 horas	Alta estabilidad primaria	Micromovimiento	Estética / arcada completa
Temprana	1–8 semanas	Estabilidad moderada	Intermedio	Casos seleccionados
Diferida	>8–12 semanas	Cualquier estabilidad aceptable	Bajo	Hueso blando / ROG

Nota: La selección debe basarse en evaluación integral biomecánica y biológica, no únicamente en el torque de inserción.

4.2.6. Micromovimiento y umbral biológico

El micromovimiento se define como el desplazamiento microscópico relativo del implante dentro del lecho óseo durante la aplicación de carga funcional, especialmente en la fase de transición entre estabilidad primaria mecánica y estabilidad secundaria biológica.

Este fenómeno ocurre cuando las fuerzas aplicadas superan la capacidad de fijación mecánica inicial del implante antes de que se consolide la neoformación ósea madura.

4.2.6.1 Bases biomecánicas del micromovimiento

La interfase hueso–implante en las primeras semanas está compuesta por:

- Coágulo en organización.
- Matriz provisional.
- Hueso entretejido inmaduro.

Durante esta fase, la rigidez estructural es limitada. Si la carga genera desplazamientos excesivos, la diferenciación celular puede orientarse hacia formación de tejido fibroso en lugar de hueso lamelar.

El micromovimiento está influenciado por:

- Torque de inserción.
- Densidad ósea.
- Diseño macrogeométrico.
- Longitud y diámetro del implante.
- Magnitud y dirección de carga.

4.2.6.2 Umbrales biológicos de tolerancia

Diversos estudios experimentales han establecido rangos orientativos:

- <50 µm: favorece remodelado óseo adaptativo.
- 50–100 µm: zona de transición, resultado dependiente de estabilidad y biología del huésped.
- 100–150 µm: alto riesgo de encapsulación fibrosa.
- >150 µm: probable fracaso de osteointegración.

Estos valores no son absolutos, pero constituyen referencia clínica para evaluar riesgo en protocolos de carga inmediata.

4.2.6.3 Estrategias clínicas para reducir micromovimiento

- Optimizar estabilidad primaria.
- Evitar contactos excéntricos iniciales.
- Diseñar provisionales sin carga funcional en fase temprana cuando sea necesario.
- Ferulizar implantes múltiples.
- Controlar para función mediante férula de descarga.

El control oclusal inicial es determinante en protocolos de carga inmediata, ya que incluso contactos ligeros mal distribuidos pueden amplificar desplazamientos microscópicos.

4.2.7. Ferulización y distribución de cargas

La ferulización consiste en la unión rígida de múltiples implantes mediante una estructura protésica común, con el objetivo de distribuir las cargas funcionales entre varios pilares y reducir la concentración de fuerzas en un implante individual.

4.2.7.1 Fundamento biomecánico

En implantes unitarios, la carga aplicada genera un momento rotacional concentrado en la región crestal. En contraste, cuando varios implantes están ferulizados:

- Las fuerzas se redistribuyen axialmente.
- Se reduce la magnitud del micromovimiento individual.
- Se disminuye la probabilidad de sobrecarga localizada.

En rehabilitaciones de arcada completa, la ferulización rígida constituye uno de los factores que permiten protocolos de carga inmediata con mayor seguridad.

4.2.7.2 Control de cantilever

El cantilever genera un incremento proporcional del momento de fuerza ($M = F \times d$). Su extensión debe minimizarse especialmente en protocolos inmediatos. Recomendaciones clínicas:

- Reducir longitud distal.
- Ajustar distribución implantar.
- Evitar extensiones no soportadas en fases iniciales.

4.2.7.3 Control oclusal y dimensión vertical

El diseño protésico debe:

- Minimizar contactos excéntricos en fase temprana.
- Distribuir contactos axiales en máxima intercuspidadación.
- Ajustar correctamente la dimensión vertical para evitar sobrecarga muscular.

La estabilidad funcional depende tanto de la estructura protésica como del equilibrio neuromuscular del paciente.

4.2.8 Factores que contraindican carga inmediata

La carga inmediata no debe considerarse un protocolo universal. Existen condiciones clínicas que aumentan significativamente el riesgo de fracaso temprano.

4.2.8.1 Para función severa no controlada

El bruxismo genera fuerzas horizontales repetitivas y cargas no axiales, incrementando micromovimientos y fatiga mecánica.

4.2.8.2 Hueso tipo IV con baja densidad cortical

En hueso de baja densidad medular y cortical delgada, la estabilidad primaria suele ser limitada, aumentando vulnerabilidad durante fase de remodelado primario.

4.2.8.3 Implante único en zona posterior

La carga lateral significativa en molares posteriores genera momentos rotacionales elevados cuando no existe ferulización.

4.2.8.4 Estabilidad primaria insuficiente

Torque bajo o ISQ reducido son indicadores de riesgo. En estos casos, la carga diferida es el protocolo más prudente.

4.2.8.5 Procedimientos regenerativos simultáneos extensos

La regeneración ósea guiada requiere estabilidad biológica inicial. La carga prematura puede comprometer integración del injerto.

Tabla 4.3

Contraindicaciones relativas para carga inmediata

Factor	Impacto en micromovimiento	Recomendación
Bruxismo severo	Alto	Diferir carga
Hueso tipo IV	Moderado–alto	Evaluar torque
Implante unitario posterior	Alto	Evitar carga inmediata
ROG extensa	Alto	Diferir

Nota: Estas contraindicaciones deben valorarse dentro de un análisis clínico integral que incluya estabilidad primaria, calidad ósea, control oclusal y factores biomecánicos del paciente, con el fin de minimizar el riesgo de micromovimiento y fracaso de la osteointegración.

4.2.9 Integración del protocolo de carga en la planificación global

El protocolo de carga no constituye una decisión aislada tomada tras la colocación del implante, sino una variable estratégica definida desde la fase diagnóstica inicial. En implantología avanzada, el momento de carga debe estar integrado dentro de un plan terapéutico global que contemple factores anatómicos, biomecánicos, protésicos y sistémicos. Se entiende por integración del protocolo de carga la incorporación anticipada del momento y modalidad de restauración funcional dentro del diseño quirúrgico y protésico, de modo que todas las etapas del tratamiento estén alineadas hacia un mismo objetivo biomecánico y biológico. Esta integración implica que el cirujano y el rehabilitador trabajen bajo un mismo plan tridimensional, evitando decisiones improvisadas que puedan comprometer estabilidad primaria o adaptación funcional.

Componentes que deben integrarse. El protocolo de carga debe incorporarse desde el inicio en:

Estudio tridimensional. El análisis mediante CBCT y planificación digital permite evaluar:

- Volumen óseo disponible.
- Calidad ósea estimada.
- Trayectoria ideal del implante.
- Relación con estructuras anatómicas.

Si se anticipa carga inmediata, la planificación debe garantizar anclaje suficiente en hueso cortical y adecuada estabilidad primaria.

Análisis biomecánico

Debe evaluarse:

- Dirección de fuerzas funcionales.
- Presencia de parafunciones.
- Altura coronaria.
- Relación corona–implante.
- Extensión de cantilever.

Un análisis biomecánico desfavorable puede contraindicar carga inmediata incluso con torque adecuado.

Diseño provisional

El provisional en protocolos inmediatos no es un elemento estético únicamente; cumple función estructural. Debe diseñarse para:

- Evitar contactos excéntricos iniciales.
- Distribuir carga axialmente.
- Modelar tejido blando.
- Permitir higiene adecuada.

La ausencia de planificación provisional previa puede comprometer la viabilidad de carga inmediata.

Esquema oclusal

La oclusión debe ser planificada antes de la cirugía. En protocolos inmediatos:

- Se eliminan contactos laterales intensos.
- Se ajusta la guía anterior.
- Se controlan interferencias.

El esquema oclusal influye directamente en el nivel de micromovimiento inicial.

Estrategia de mantenimiento

La planificación debe anticipar:

- Frecuencia de controles.
- Reevaluación de torque.
- Ajustes oclusales posteriores.
- Manejo de posibles complicaciones.

Un protocolo de carga inmediata exige seguimiento más estrecho en los primeros meses.

4.2.9.1 Planificación anticipada

4.2.9.2 Integración biomecánica total

La implantología moderna debe concebirse como un sistema biológico–mecánico interdependiente, en el cual cirugía, prótesis y biomecánica interactúan de manera continua y dinámica. El implante no funciona como un elemento aislado, sino como parte de una unidad funcional que incluye hueso, tejidos blandos, componentes protésicos y sistema neuromuscular.

En este contexto, el éxito clínico no depende exclusivamente del momento de carga (inmediata, temprana o diferida), sino de la correcta integración y control de múltiples variables que actúan de manera simultánea. La carga funcional es solo la fase visible de una planificación tridimensional previamente estructurada.

Estabilidad primaria

La estabilidad primaria constituye el punto de partida biomecánico del tratamiento implantológico. Se define como la estabilidad mecánica inicial obtenida en el momento de la inserción del implante, determinada por la calidad ósea, la técnica quirúrgica y el diseño del implante. Sin una estabilidad primaria adecuada, cualquier protocolo de carga inmediata o temprana incrementa significativamente el riesgo de micromovimientos excesivos ($>100\ \mu\text{m}$), lo que puede interferir con la formación del contacto hueso–implante y favorecer la encapsulación fibrosa en lugar de la oseointegración.

Factores determinantes de la estabilidad primaria:

- Densidad y volumen óseo.
- Técnica de fresado (subpreparación en hueso blando).
- Torque de inserción adecuado.
- Diseño macrogeométrico del implante.

La estabilidad primaria es, por tanto, el fundamento sobre el cual se construye la estabilidad secundaria biológica.

Macrogeometría implantaria

El diseño macroscópico del implante influye directamente en su comportamiento biomecánico inicial y en la distribución de cargas.

Aspectos relevantes incluyen:

- Forma cónica o cilíndrica.
- Profundidad y diseño de las roscas.
- Paso de rosca.
- Diseño del ápice.

Los implantes cónicos con roscas agresivas y mayor capacidad de condensación ósea suelen favorecer la obtención de estabilidad primaria en hueso tipo III y IV, lo que los convierte en opciones preferentes para protocolos inmediatos en hueso de menor densidad. Asimismo, el diseño del cuello implantario influye en la preservación crestal y en la distribución de tensiones en la zona cortical.

Control del micromovimiento

La estabilidad primaria debe mantenerse durante la fase crítica de remodelado óseo (primeras semanas postquirúrgicas). Durante este período ocurre una disminución fisiológica transitoria de estabilidad (fase de estabilidad secundaria inicial), por lo que el control biomecánico es esencial. El mantenimiento de la estabilidad depende de:

- Torque adecuado de inserción, evitando sobrecompresión excesiva.
- Diseño protésico racional, que reduzca cargas no axiales.
- Ferulización, cuando esté indicada en casos múltiples o hueso de baja densidad.
- Control oclusal inicial, eliminando contactos prematuros y cargas excéntricas.

El micromovimiento excesivo durante esta fase puede alterar la diferenciación celular y comprometer la integración ósea.

Diseño protésico La prótesis, tanto provisional como definitiva, es un componente biomecánico activo. No solo restaura función y estética, sino que modula la transmisión de fuerzas hacia el implante y el hueso circundante. El diseño protésico debe:

- Respetar el eje axial del implante.
- Minimizar brazos de palanca.
- Reducir momentos de fuerza.
- Controlar la altura coronaria excesiva.
- Favorecer perfiles de emergencia que preserven tejidos blandos.

Un diseño inadecuado puede comprometer incluso implantes con excelente estabilidad inicial, generando sobrecarga, pérdida ósea crestal o aflojamiento de componentes.

Manejo oclusal

La oclusión representa el componente dinámico del sistema implantológico. A diferencia del diente natural, el implante carece de ligamento periodontal y, por tanto, no posee el mismo amortiguamiento ni capacidad de adaptación propioceptiva. Es fundamental considerar:

- Distribución equilibrada de contactos.
- Eliminación de interferencias excéntricas.
- Reducción de carga en fases iniciales de cicatrización.
- Ajustes progresivos conforme el paciente reintegra función masticatoria.

La adaptación neuromuscular puede requerir ajustes posteriores, especialmente en pacientes con antecedentes de bruxismo o desórdenes funcionales.

Seguimiento periódico

La integración biomecánica no culmina con la colocación del provisional o la prótesis definitiva. Es un proceso continuo que requiere monitoreo sistemático. El seguimiento incluye:

- Reevaluación clínica de tejidos blandos.
- Control radiográfico de niveles óseos crestaes.
- Ajuste de contactos oclusales.
- Monitoreo de estabilidad secundaria (ISQ, cuando esté disponible).
- Evaluación de signos tempranos de sobrecarga o inflamación.

El mantenimiento periódico permite detectar desequilibrios biomecánicos antes de que evolucionen a complicaciones irreversibles.

Síntesis conceptual

La implantología avanzada exige que cirugía, prótesis y biomecánica funcionen como un sistema integrado y planificado desde la fase diagnóstica. El protocolo de carga no debe interpretarse como una decisión reactiva postoperatoria, sino como la consecuencia lógica de una planificación global que armoniza variables biológicas y mecánicas. En definitiva, la integración biomecánica total transforma el acto quirúrgico en un proceso restaurador planificado, donde cada decisión técnica responde a una visión sistémica del tratamiento implantológico.

CAPÍTULO 5.

Casos Clínicos, Complicaciones, y Perspectivas Futuras

5.1. Análisis de casos clínicos representativos

5.1.1 Caso 1 – Rehabilitación unitaria en sector anterior con carga inmediata

La rehabilitación unitaria inmediata en sector anterior constituye uno de los escenarios clínicos más exigentes en implantología moderna, debido a la convergencia de factores estéticos, biológicos y biomecánicos. El incisivo central superior participa activamente en la armonía facial, la línea de sonrisa y la guía anterior, por lo que cualquier alteración marginal o volumétrica es fácilmente perceptible.

Figura 5.1.

Rehabilitación unitaria inmediata en sector anterior con modelado progresivo del perfil de emergencia



Nota: Secuencia clínica que muestra pérdida traumática de incisivo central, colocación inmediata del implante, provisional atornillado sin carga funcional y modelado progresivo del perfil de emergencia. Se observa preservación del margen gingival y adaptación tisular armónica en biotipo fino. La estabilidad primaria adecuada y el control oclusal inicial son determinantes para el éxito estético y biológico.

Diagnóstico

Paciente con pérdida traumática reciente del incisivo central superior. El examen clínico y tomográfico revela:

- Biotipo mucoso fino.
- Tabla vestibular íntegra pero delgada.
- Papilas interdentes preservadas.

- Línea de sonrisa media–alta.
- Adecuada densidad ósea (tipo II–III).

El biotipo fino representa un desafío crítico porque:

- Es más susceptible a recesión marginal.
- Puede evidenciar transparencia del titanio.
- Tiene menor capacidad de compensar errores de posicionamiento.

La preservación de la tabla vestibular es el factor anatómico más determinante para la estabilidad del contorno gingival a largo plazo. Desde el punto de vista funcional, el incisivo participa en movimientos protrusivos, por lo que la carga inmediata debe eliminar completamente cualquier contacto funcional durante la fase inicial.

Planificación ampliada Cirugía protésicamente guiada

La planificación se realiza integrando CBCT y escaneo intraoral para definir:

- Eje ideal del implante.
- Posición palatina estratégica.
- Profundidad apical adecuada.
- Diseño del provisional previo a la cirugía.

En sector anterior, la planificación restauradora precede a la cirugía. El implante se coloca en función del perfil de emergencia deseado.

Posicionamiento tridimensional controlado

La colocación ideal debe cumplir criterios estrictos:

Mesiodistal: Mantener distancia adecuada respecto a dientes adyacentes para preservar papilas. Vestíbulo–palatino: Ubicación ligeramente palatina para proteger cortical vestibular y evitar recesión.

Apicocoronal: Plataforma 3–4 mm apical al margen gingival planificado, permitiendo establecimiento del ancho biológico periimplantario. Una colocación excesivamente vestibular es la causa más frecuente de fracaso estético en sector anterior.

Estabilidad primaria

Se obtiene torque ≥ 40 Ncm, lo que permite considerar protocolo inmediato. La estabilidad primaria en este caso depende de:

- Anclaje apical.
- Diseño macro geométrico cónico.
- Compresión controlada del hueso cortical.

La estabilidad primaria adecuada compensa temporalmente la ausencia de estabilidad secundaria biológica durante las primeras semanas.

Provisional inmediato sin carga funcional

Se instala provisional atornillado el mismo día, cumpliendo funciones críticas:

- Mantener arquitectura gingival.
- Soportar papilas.
- Modelar perfil de emergencia.
- Proteger coágulo periimplantario. No debe existir contacto en:
 - Máxima intercuspidación.
 - Protrusión.
 - Lateralidad.

El objetivo es preservar estabilidad biológica sin comprometer estética inmediata. Modelado progresivo del perfil de emergencia

El perfil de emergencia no debe definirse en un solo acto. Se realiza ajuste progresivo mediante:

- Adición controlada de resina.
- Re contorneado suave.
- Evaluación de respuesta tisular.

En biotipo fino, el exceso de presión puede inducir isquemia y recesión. El equilibrio entre soporte y compresión es determinante.

Consideraciones críticas ampliadas Preservación del margen gingival

El margen debe mantenerse simétrico respecto al diente contralateral. Factores determinantes:

- Integridad de tabla vestibular.
- Trauma quirúrgico mínimo.
- Ausencia de inflamación.
- Higiene estricta.

Control de presión tisular

El tejido periimplantario en biotipo fino responde rápidamente a la compresión. Se debe vigilar:

- Blanqueamiento inmediato.
- Inflamación localizada.
- Retracción marginal temprana.

El provisional actúa como herramienta de ingeniería tisular dinámica.

Ajuste oclusal estratégico

En fase inmediata:

- Eliminación total de carga funcional.

- Control de movimientos protrusivos.
- Reevaluación periódica conforme progresa cicatrización.

Incluso contactos leves pueden inducir micromovimiento en fase crítica de remodelado primario.

Evolución biológica esperada

Durante las primeras semanas:

- Formación de coágulo organizado.
- Neoformación de hueso entretejido.
- Establecimiento progresivo de estabilidad secundaria. La correcta planificación reduce remodelado crestal excesivo. Resultado esperado

Estabilidad estética

- Margen gingival armónico.
- Perfil de emergencia natural.
- Ausencia de transparencia grisácea.

Mantenimiento del contorno papilar

La papila depende de:

- Distancia interproximal.
- Altura ósea marginal.
- Diseño provisional adecuado.

Remodelado óseo marginal controlado

Cuando la estabilidad primaria y el control oclusal son adecuados, la pérdida ósea inicial puede limitarse a valores fisiológicos mínimos.

5.1.2 Caso 2 – Rehabilitación parcial posterior con carga diferida

La rehabilitación parcial posterior representa uno de los escenarios biomecánicamente más exigentes en implantología, debido a la magnitud de las fuerzas masticatorias generadas en el sector molar. A diferencia del sector anterior, donde predomina el componente estético, en la región posterior la prioridad radica en la estabilidad estructural y la distribución funcional de cargas.

Diagnóstico ampliado

Paciente con pérdida de primer y segundo molar inferior (36–37), edentulismo de evolución intermedia. Evaluación clínica y radiográfica muestra:

- Reborde alveolar con adecuada altura vertical.
- Hueso tipo III, con predominio trabecular y cortical moderada.
- Leve reducción del espesor cortical vestibular.
- Ausencia de signos inflamatorios activos.

- Oclusión funcional con patrón masticatorio posterior dominante. La tomografía volumétrica revela:
- Espesor vestibular reducido pero continuo.
- Distancia adecuada al conducto dentario inferior.
- Anchura mesiodistal suficiente para dos implantes.

El hueso tipo III sugiere estabilidad primaria potencialmente moderada, lo que contraindica protocolos de carga inmediata estricta. Desde el punto de vista biomecánico, el sector molar inferior recibe las mayores cargas funcionales del arco mandibular, con fuerzas que pueden superar ampliamente las del sector anterior.

Figura 5.2.

Rehabilitación parcial posterior mandibular con dos implantes y restauración atornillada ferulizada bajo protocolo de carga diferida



Nota: Imagen clínica que muestra rehabilitación parcial en sector molar inferior mediante colocación estratégica de dos implantes y prótesis atornillada ferulizada. Se evidencia correcta alineación axial, ausencia de cantilever distal y distribución equilibrada de cargas funcionales. La carga diferida permitió consolidación completa de la osteointegración antes de la restauración definitiva.

Elección de técnica quirúrgica

Se opta por técnica abierta con elevación de colgajo mucoperióstico para:

- Confirmar espesor cortical vestibular real.
- Evaluar irregularidades del reborde.
- Permitir ajuste tridimensional intraoperatorio.
- Preservar eje axial correcto.

La técnica abierta proporciona mayor seguridad en casos donde el espesor cortical es reducido.

Distribución estratégica de implantes Se planifica la colocación de dos implantes con las siguientes consideraciones:

- Diámetro adecuado (≥ 4 mm).
- Longitud suficiente para maximizar superficie de contacto.
- Separación interimplantaria fisiológica.
- Posicionamiento alineado con eje de carga oclusal. La colocación debe respetar:
- Distancia mínima entre implantes.
- Distancia adecuada respecto a dientes adyacentes.
- Eje axial centrado bajo futura corona.

Estabilidad primaria y decisión de carga

El torque obtenido es moderado (inferior a valores óptimos para carga inmediata estricta), por lo que se decide protocolo de carga diferida. La carga diferida permite:

- Remodelado óseo primario sin interferencia mecánica.
- Transición adecuada hacia estabilidad secundaria.
- Consolidación biológica en hueso tipo III.

El periodo de espera estimado es de 10 a 12 semanas.

Elección restauradora: estructura atornillada ferulizada Se selecciona restauración atornillada ferulizada por:

- Mayor control biomecánico.
- Posibilidad de mantenimiento futuro.
- Distribución homogénea de cargas.
- Reducción de micromovimiento individual.

En sector posterior, la ferulización disminuye el riesgo de sobrecarga localizada y fractura mecánica.

Consideraciones biomecánicas ampliadas Reducción de cantilever

El diseño protésico evita extensiones distales no soportadas. En molares inferiores, incluso pequeñas extensiones generan:

- Incremento del momento de fuerza.
- Mayor tensión crestal.
- Riesgo de fatiga estructural.

La relación corona–implante debe mantenerse dentro de parámetros controlados. Control de fuerzas laterales El sector posterior experimenta:

- Fuerzas verticales intensas.
- Componentes laterales durante excursiones.

- Microdesplazamientos por deslizamiento oclusal. Se realiza ajuste selectivo para:
- Minimizar contactos excéntricos.
- Reducir fuerzas oblicuas.
- Centrar contactos en eje axial.

La reducción de fuerzas laterales protege la interfase hueso–implante y previene pérdida ósea marginal progresiva.

Distribución axial de contactos

Los contactos deben:

- Ser simultáneos y equilibrados.
- Centrarse sobre eje implantario.
- Evitar sobrecarga unilateral.

La distribución axial reduce momentos rotacionales y favorece remodelado adaptativo estable.

Control de ajuste pasivo

La estructura ferulizada debe presentar ajuste pasivo absoluto. La falta de pasividad genera:

- Tensiones residuales.
- Microfracturas crestal.
- Aflojamiento de tornillos.

El ajuste pasivo es crítico en rehabilitaciones múltiples posteriores.

Evolución biológica esperada

Durante el periodo de carga diferida:

- Formación de hueso entretejido.
- Reemplazo progresivo por hueso lamelar.
- Consolidación de estabilidad secundaria.

La ausencia de carga prematura reduce riesgo de encapsulación fibrosa. Resultado esperado ampliado Integración ósea estable. La estabilidad secundaria consolidada proporciona:

- Interfase hueso–implante madura.
- Resistencia adecuada a cargas funcionales posteriores.

Reducción de riesgo de sobrecarga La combinación de:

- Carga diferida.
- Ferulización.
- Ajuste oclusal controlado.

Minimiza probabilidad de complicaciones mecánicas y biológicas.

Longevidad funcional Cuando la planificación es correcta, la rehabilitación posterior implantosoportada puede alcanzar alta supervivencia a largo plazo, incluso bajo cargas masticatorias elevadas.

5.1.3 Caso 3 – Rehabilitación total mandibular con protocolo inmediato

La rehabilitación total mandibular con carga inmediata representa uno de los protocolos más transformadores en implantología contemporánea. En pacientes edéntulos totales inferiores, la pérdida de soporte dentario genera alteraciones funcionales, inestabilidad protésica convencional y deterioro progresivo del reborde alveolar. El protocolo inmediato permite restaurar función y estabilidad en un solo acto terapéutico, siempre que se cumplan criterios biomecánicos estrictos.

Figura 5.3.

Rehabilitación total mandibular con cuatro implantes interforaminales y prótesis atornillada inmediata



Nota: Secuencia clínica que ilustra la colocación estratégica de cuatro implantes mandibulares interforaminales y la instalación inmediata de prótesis atornillada rígidamente ferulizada. Se observa adecuada distribución implantaria, reducción del cantilever distal y ajuste pasivo de la estructura provisional.

Diagnóstico

Paciente edéntulo total mandibular con:

- Altura ósea adecuada en región interforaminal.
- Reabsorción moderada posterior.
- Hueso tipo II–III en zona anterior.
- Ausencia de patología activa.
- Buena condición sistémica.

La tomografía evidencia:

- Volumen óseo suficiente entre forámenes mentonianos.
- Cortical anterior favorable.
- Espacio protésico adecuado.
- Ausencia de interferencias anatómicas críticas.

Desde el punto de vista funcional, el paciente presenta inestabilidad con prótesis convencional inferior, lo que afecta masticación y calidad de vida.

Fundamento del protocolo inmediato en arcada completa

En rehabilitaciones completas, la carga inmediata es posible gracias a:

- Distribución estratégica de múltiples implantes.
- Ferulización rígida inmediata.
- Estabilidad primaria homogénea.
- Reducción de micromovimiento individual.

A diferencia del implante unitario, la estructura ferulizada transforma fuerzas individuales en carga distribuida a través de una barra rígida.

Planificación

Distribución estratégica de cuatro implantes. Se colocan cuatro implantes interforaminales con los siguientes principios:

- Dos implantes anteriores axiales.
- Dos implantes posteriores con angulación distal (cuando se requiere ampliar soporte).
- Maximización del anclaje cortical.
- Separación estratégica para minimizar cantilever.

La angulación posterior permite reducir extensión distal y aumentar soporte anteroposterior.

Estabilidad primaria homogénea

La estabilidad primaria debe ser consistente en todos los implantes. Criterios clínicos:

- Torque $\geq 35\text{--}45$ Ncm.
- Anclaje cortical efectivo.
- Ausencia de movilidad.

La homogeneidad es más importante que un valor alto aislado en un solo implante.

Ferulización rígida inmediata

Se confecciona prótesis provisional atornillada rígidamente conectada a los cuatro implantes el mismo día de la cirugía.

La ferulización:

- Reduce micromovimiento individual.

- Distribuye carga axialmente.
- Incrementa estabilidad global del sistema.

Provisional atornillado

La restauración atornillada permite:

- Control de ajuste pasivo.
- Facilidad de mantenimiento.
- Eliminación de cemento residual.
- Reajustes progresivos.

La estructura debe presentar pasividad absoluta para evitar tensiones internas. Eliminación de contactos excéntricos iniciales. Durante las primeras semanas:

- Se mantienen contactos ligeros en máxima intercuspidad.
- Se eliminan contactos en lateralidad.
- Se minimiza carga protrusiva.

El objetivo es reducir fuerzas oblicuas durante fase crítica de remodelado primario.

Factores críticos

Control del cantilever distal. El cantilever distal representa uno de los principales factores de riesgo biomecánico. Principios:

- Extensión distal limitada.
- Relación anteroposterior adecuada.
- Distribución simétrica.

El aumento del brazo de palanca incrementa momento de flexión en implantes posteriores.

Estabilidad primaria homogénea. La estabilidad desigual puede generar:

- Micromovimiento diferencial.
- Concentración de cargas.
- Riesgo de fracaso localizado.

Todos los implantes deben contribuir estructuralmente al sistema.

Ajuste progresivo de oclusión Tras 4–6 semanas:

- Reevaluación oclusal.
- Ajuste de contactos.
- Introducción progresiva de función dinámica.

La adaptación neuromuscular requiere transición gradual hacia función completa.

Evolución biológica esperada Durante primeras semanas:

- Remodelado primario.
- Formación de hueso entretejido.

- Consolidación de interfase.

Posteriormente:

- Remodelado lamelar.
- Estabilidad secundaria definitiva. La ferulización protege durante fase crítica.

Tabla 5.3

Factores determinantes en rehabilitación total mandibular inmediata

Variable	Impacto en estabilidad	Consideración clínica
Número de implantes	Alta	≥4 estratégicamente distribuidos
Ferulización	Reduce micromovimiento	Obligatoria en protocolo inmediato
Cantilever	Incrementa momento	Debe minimizarse
Torque homogéneo	Estabilidad global	Requisito indispensable
Control oclusal	Protege interfase	Ajuste progresivo

Nota: La estabilidad en carga inmediata depende de una adecuada distribución de fuerzas, control biomecánico y planificación protésica, priorizando la reducción del micromovimiento en la interfase hueso-implante.

Resultado esperado

Estabilidad funcional temprana

El paciente recupera función masticatoria básica el mismo día de la cirugía, con incremento significativo en calidad de vida.

Adaptación neuromuscular progresiva

El sistema estomatognático requiere adaptación progresiva a la nueva estructura fija.

Consolidación de estabilidad secundaria

Si los principios biomecánicos se respetan, la estabilidad secundaria se consolida de manera predecible.

5.2 Manejo estructurado de complicaciones

La implantología avanzada exige anticipación y manejo sistemático de eventos adversos.

5.2.1 Complicaciones mecánicas

Aflojamiento de tornillo Causado por:

- Pérdida de precarga.
- Sobrecarga lateral.
- Ajuste pasivo deficiente.

Manejo:

- Reapriete con torque controlado.

- Evaluación oclusal.
- Verificación de ajuste pasivo.

Fractura protésica Frecuente en:

- Cantilevers extensos.
- Bruxismo no controlado.
- Material inadecuado para carga funcional.

Manejo:

- Reemplazo estructural.
- Reevaluación del diseño biomecánico.
- Indicación de férula nocturna.

5.2.2 Complicaciones biológicas

Mucositis periimplantaria Inflamación reversible sin pérdida ósea significativa.

Manejo:

- Control mecánico de biofilm.
- Educación en higiene.
- Reevaluación protésica.

Periimplantitis

Proceso inflamatorio con pérdida ósea progresiva.

Manejo avanzado:

- Descontaminación mecánica y química.
- Terapia regenerativa cuando esté indicada.
- Reevaluación biomecánica completa.

Tabla 5.1

Clasificación estructurada de complicaciones implantarias

Tipo	Ejemplo	Factor desencadenante	Enfoque terapéutico
Mecánica	Aflojamiento	Sobrecarga	Reajuste / torque
Mecánica	Fractura	Fatiga	Rediseño protésico
Biológica	Mucositis	Biofilm	Terapia no quirúrgica
Biológica	Periimplantitis	Infección crónica	Tratamiento combinado

Nota: La clasificación de las complicaciones implantarias permite establecer un enfoque diagnóstico y terapéutico diferenciado, considerando la etiología mecánica o biológica, con el objetivo de intervenir de manera oportuna y preservar la osteointegración y la funcionalidad protésica.

La implantología avanzada no se define únicamente por la colocación exitosa de implantes, sino por la capacidad de anticipar, diagnosticar y resolver complicaciones de forma sistemática y basada en principios biomecánicos y biológicos. Las complicaciones pueden clasificarse en:

- Mecánicas
- Biológicas
- Estéticas
- Funcionales

En esta sección abordamos inicialmente las complicaciones mecánicas, que representan una proporción significativa de eventos adversos en rehabilitaciones implantoportadas, especialmente en protocolos de carga inmediata o en sectores posteriores sometidos a alta demanda funcional.

Gráfico 5.4.

Comparación clínica entre fractura protésica y aflojamiento de tornillo en rehabilitaciones implantoportadas



Nota: Imagen clínica comparativa. A la izquierda (A), se observa fractura estructural de la restauración protésica, caracterizada por fisura visible y compromiso del material restaurador, generalmente asociada a sobrecarga funcional, cantilever excesivo o diseño biomecánico inadecuado. A la derecha (B), se muestra aflojamiento de tornillo protésico, evidenciado por separación entre componentes y pérdida de precarga, comúnmente relacionado con sobrecarga lateral, asentamiento de superficies o ajuste pasivo deficiente. La diferenciación clínica es fundamental para establecer un manejo terapéutico adecuado y prevenir recurrencias.

5.2.1. Complicaciones mecánicas

Las complicaciones mecánicas derivan principalmente de desequilibrios en la distribución de cargas, errores en ajuste pasivo o deficiencias en el control oclusal.

A. Aflojamiento de tornillo protésico El aflojamiento de tornillo es la pérdida parcial o total de la precarga generada durante el torque inicial del tornillo protésico o del tornillo del pilar.

La precarga es la fuerza de compresión generada al aplicar torque controlado, que mantiene las superficies metálicas en íntimo contacto y evita micromovimiento.

Etiología El aflojamiento puede ser causado por:

- Pérdida de precarga inicial
- Torque insuficiente
- No repetir torque tras asentamiento inicial
- Sobrecarga lateral
- Contactos excéntricos no controlados
- Cantilever excesivo
- Parafunción
- Ajuste pasivo deficiente
- Tensiones residuales en estructura
- Distorsión durante fabricación
- Falta de verificación radiográfica
- Asentamiento de componentes
- Microirregularidades metálicas que se acomodan tras primeros ciclos funcionales

Manifestaciones clínicas

- Movilidad de la restauración.
- Sensación de “clic” funcional.
- Inflamación periimplantaria secundaria.
- Radiolucidez leve en interfaz pilar–implante.

Si no se corrige oportunamente, puede progresar a fractura del tornillo o daño del hexágono interno.

Manejo clínico estructurado

1. Retiro controlado de la restauración.
2. Inspección de roscas internas y externas.
3. Limpieza de componentes.
4. Aplicación de torque recomendado por fabricante con torquímetro calibrado.
5. Repetición del torque tras 5–10 minutos (compensación por asentamiento).
6. Reevaluación oclusal exhaustiva.

Prevención

- Torque adecuado y verificado.
- Diseño sin cantilever excesivo.
- Ajuste pasivo confirmado clínica y radiográficamente.

- Control de fuerzas excéntricas.

B. Fractura protésica

La fractura protésica es la falla estructural del material restaurador (cerámica, zirconia, resina o metal-cerámica) bajo carga funcional repetitiva. Puede involucrar:

- Astillamiento cerámico.
- Fractura completa de estructura.
- Des cementado secundario por micro fisuras.

Factores predisponentes

Frecuente en:

- Cantilevers extensos
- Pacientes con bruxismo no controlado
- Diseño con soporte insuficiente
- Espesor inadecuado del material
- Material no indicado para carga posterior

En arcadas completas inmediatas, la fractura puede relacionarse con estructura provisional insuficientemente rígida.

Análisis biomecánico Las fracturas suelen asociarse a:

- Concentración de tensiones en zonas distales.
- Contactos prematuros.
- Cargas oblicuas repetidas.
- Flexión excesiva de la estructura.

El momento de fuerza aumenta proporcionalmente con la longitud del brazo de palanca (cantilever).

Manejo clínico El tratamiento depende del tipo de fractura:

Astillamiento leve:

- Pulido y ajuste.

Fractura parcial restaurable:

- Reparación intraoral con resina compuesta.

Fractura estructural severa:

- Reemplazo completo de la restauración. En todos los casos se debe:
- Reevaluar esquema oclusal.
- Analizar longitud de cantilever.
- Revisar ajuste pasivo.
- Evaluar hábitos parafuncionales.

Prevención estructural

- Diseño protésico equilibrado.
- Minimización de extensiones distales.
- Uso de materiales con resistencia adecuada.
- Espesor mínimo recomendado según material.
- Indicación de férula nocturna en pacientes bruxómanos.

Tabla 5.4

Complicaciones mecánicas frecuentes y abordaje clínico

Complicación	Causa principal	Signo clínico	Manejo inmediato	Prevención
Aflojamiento de tornillo	Pérdida de precarga	Movilidad protésica	Reapriete con torque controlado	Control oclusal
Fractura cerámica	Sobrecarga	Astillamiento	Reparación o reemplazo	Reducción de cantilever
Fractura estructural	Flexión excesiva	Movilidad, fractura visible	Reemplazo	Diseño biomecánico adecuado

Nota: Las complicaciones mecánicas están directamente relacionadas con fallas en la distribución de cargas y en el diseño protésico; su prevención depende del control oclusal, la correcta planificación biomecánica y el mantenimiento adecuado de la precarga en los componentes del implante.

Enfoque sistémico

El manejo moderno de complicaciones no debe ser reactivo, sino preventivo. Cada complicación mecánica refleja:

- Un desequilibrio biomecánico.
- Un error de diseño.
- Una falta de control funcional.
- O una combinación de factores.

La implantología avanzada exige auditoría constante del sistema implante–prótesis–oclusión.

5.2.2 Complicaciones biológicas: mucositis y periimplantitis

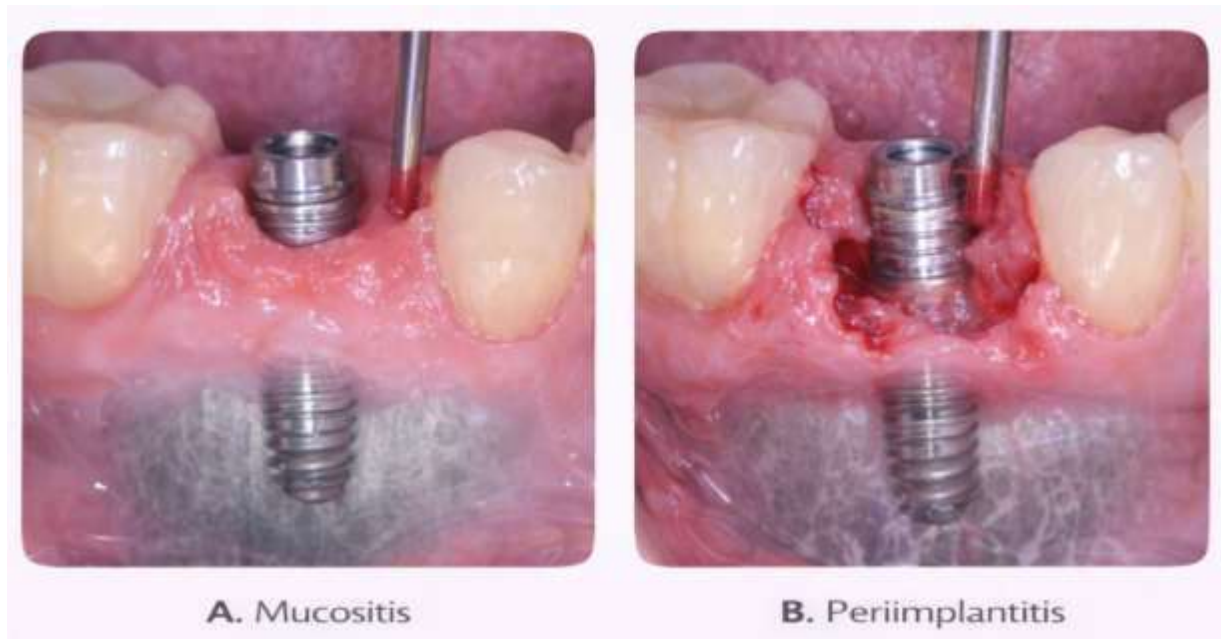
Las complicaciones biológicas constituyen una de las principales causas de pérdida tardía de implantes. A diferencia de las complicaciones mecánicas, su origen es inflamatorio e infeccioso, relacionado con la acumulación de biofilm, alteraciones en el equilibrio huésped–microorganismo y factores de riesgo sistémicos o locales. La progresión suele seguir una secuencia:

1. Acumulación de biofilm.
2. Inflamación reversible (mucositis).
3. Pérdida ósea progresiva (periimplantitis).
4. Compromiso estructural del implante.

El diagnóstico temprano es determinante para evitar la progresión destructiva.

Figura 5.5.

Comparación clínica entre mucositis periimplantaria y periimplantitis



Nota: Imagen clínica comparativa. A la izquierda (A) se observa mucositis periimplantaria, caracterizada por inflamación limitada a los tejidos blandos, eritema y sangrado al sondaje sin pérdida ósea radiográfica adicional. A la derecha (B) se evidencia periimplantitis, con inflamación marcada, supuración y pérdida ósea progresiva alrededor del implante, visible clínicamente y radiográficamente. La diferenciación entre ambas entidades es esencial para establecer el abordaje terapéutico adecuado y prevenir la progresión destructiva del soporte óseo.

A. Mucositis periimplantaria

Proceso inflamatorio reversible que afecta exclusivamente a los tejidos blandos periimplantarios, sin pérdida ósea más allá del remodelado fisiológico inicial. Es el equivalente biológico de la gingivitis en dientes naturales.

Etiología

- Biofilm bacteriano.
- Higiene deficiente.
- Ausencia de mucosa queratinizada.
- Factores protésicos que dificultan limpieza.
- Exceso de cemento residual.
- Sobrecontorno protésico.

Signos clínicos

- Sangrado al sondaje.
- Eritema.
- Edema.

- Supuración ocasional leve.
- Profundidad de sondaje aumentada sin pérdida ósea radiográfica progresiva. Radiográficamente no se observa reabsorción adicional respecto a niveles basales.

Manejo clínico

1. Eliminación mecánica del biofilm.
2. Instrumentación con curetas de titanio o material compatible.
3. Irrigación con soluciones antisépticas.
4. Educación de higiene oral personalizada.
5. Reevaluación a 4–6 semanas.

La mucositis es reversible si se trata oportunamente.

B. Periimplantitis

Proceso inflamatorio asociado a pérdida progresiva de hueso de soporte alrededor del implante previamente osteointegrado. Se caracteriza por:

- Inflamación persistente.
- Pérdida ósea radiográfica progresiva.
- Bolsas periimplantarias profundas.

Es el equivalente funcional de la periodontitis, pero con evolución potencialmente más rápida debido a menor vascularización periimplantaria.

Factores de riesgo

- Historia previa de periodontitis.
- Tabaquismo.
- Diabetes no controlada.
- Biotipo fino.
- Microgap expuesto.
- Diseño protésico inadecuado.
- Sobrecarga oclusal.
- Mantenimiento deficiente.

Diagnóstico clínico

- Sangrado al sondaje persistente.
- Supuración.
- Incremento progresivo de profundidad.
- Movilidad (en estadios avanzados).
- Pérdida ósea radiográfica angular o circunferencial.

Tabla 5.5

La comparación con radiografía basal es indispensable.

Estadio	Característica principal
Inicial	Pérdida ósea leve (<2 mm adicional)
Moderado	Pérdida ósea 2–4 mm
Avanzado	Pérdida >4 mm o afectación >50% longitud

Nota: La clasificación por estadios permite orientar el diagnóstico y la toma de decisiones terapéuticas, considerando la extensión de la pérdida ósea y su impacto en la estabilidad y pronóstico del implante.

Manejo terapéutico estructurado

El tratamiento depende del estadio. Periimplantitis inicial

- Desbridamiento mecánico.
- Antisépticos locales.
- Control oclusal.
- Reevaluación estricta.

Periimplantitis moderada

- Desbridamiento quirúrgico abierto.
- Descontaminación de superficie.
- Terapia antimicrobiana localizada.
- Corrección de factores protésicos.

Periimplantitis avanzada

- Cirugía respectiva o regenerativa.
- Modificación de contorno óseo.
- Regeneración guiada (según defecto).
- En casos extremos: explantación.

Algoritmo clínico de manejo A continuación se describe el algoritmo estructurado:

Paso 1: Evaluación clínica

- Sangrado al sondaje
- Supuración
- Profundidad >5 mm
- Radiografía comparativa

Paso 2: Determinar presencia de pérdida ósea

Sin pérdida ósea progresiva → Mucositis

Con pérdida ósea progresiva → Periimplantitis

Paso 3: Clasificación por severidad

- Inicial
- Moderada
- Avanzada

Paso 4: Manejo específico

- Terapia no quirúrgica
- Terapia quirúrgica
- Regeneración
- Explantación

Paso 5: Programa de mantenimiento estricto

- Controles cada 3–4 meses
- Evaluación oclusal
- Control de factores sistémicos

Tabla 5.5

Diferencias clínicas entre mucositis y periimplantitis

Característica	Mucositis	Periimplantitis
Inflamación	Sí	Sí
Pérdida ósea progresiva	No	Sí
Reversibilidad	Alta	Limitada
Tratamiento	No quirúrgico	Puede requerir cirugía
Riesgo de pérdida del implante	Bajo	Elevado

Nota: La mucositis periimplantaria es una condición reversible si se trata oportunamente, mientras que la periimplantitis implica pérdida ósea progresiva y requiere intervenciones más complejas para preservar la estabilidad del implante.

Principio clave

La implantología avanzada exige enfoque preventivo. El mantenimiento periódico es el factor más determinante para evitar progresión hacia periimplantitis. La detección temprana transforma un proceso potencialmente destructivo en una condición controlable.

5.3 Tendencias emergentes y perspectivas futuras en rehabilitación implantológica

La implantología contemporánea ha evolucionado desde un paradigma centrado exclusivamente en la osteointegración hacia un modelo sistémico que integra biología tisular avanzada, planificación tridimensional, ingeniería de materiales, análisis biomecánico y digitalización integral del flujo clínico. Las tendencias emergentes no buscan únicamente mejorar la tasa de supervivencia implantaria, sino optimizar estabilidad marginal, comportamiento biomecánico, respuesta inflamatoria y calidad de vida del paciente a largo plazo. El futuro de la rehabilitación sobre

implantes no consiste en dispositivos más robustos, sino en sistemas inteligentes, biológicamente activos y digitalmente interconectados.

5.3.1 Evolución del concepto de osteointegración

De la osteointegración pasiva a la biointegración activa

1. Concepto clásico de osteointegración

El concepto original de osteointegración se definía como la conexión estructural y funcional directa entre el hueso vital y la superficie del implante sometido a carga funcional. Este paradigma se fundamentaba en la ausencia de tejido fibroso interpuesto y en la estabilidad mecánica a largo plazo. En este modelo clásico, el implante era considerado un elemento biológicamente inerte cuya función dependía principalmente de:

- Diseño macrogeométrico.
- Estabilidad primaria.
- Ausencia de micromovimiento.
- Control de carga funcional.

El éxito dependía esencialmente de que el hueso “aceptara” pasivamente el implante.

2. Limitaciones del modelo pasivo

Con el avance de la biología molecular y la microscopía avanzada, se evidenció que la interfase hueso–implante no es un fenómeno estático, sino un proceso dinámico altamente regulado por señales celulares y moleculares. El modelo pasivo presentaba limitaciones:

- No consideraba la respuesta inmunológica temprana.
- No modulaba activamente la diferenciación osteoblástica.
- Dependía exclusivamente de estabilidad mecánica inicial.
- No intervenía en procesos inflamatorios tempranos.

La transición hacia un modelo activo surge de la comprensión de que la osteointegración es una interacción biológica compleja y regulable.

3. Biointegración activa: nuevo paradigma

La biointegración activa redefine el implante como un dispositivo capaz de interactuar biológicamente con su entorno tisular. En este modelo, la superficie implantaria no es simplemente un soporte físico, sino una plataforma biofuncional que:

- Estimula adhesión celular selectiva.
- Favorece diferenciación osteoblástica.
- Modula respuesta inflamatoria inicial.
- Reduce colonización bacteriana temprana.

La osteointegración ya no se limita a contacto estructural, sino que incorpora modulación biológica dirigida.

5.3.1.1 Nanotexturización selectiva

La modificación topográfica a nivel nanométrico ha demostrado influir directamente en:

- Adhesión de proteínas plasmáticas.
- Activación de integrinas celulares.
- Diferenciación de células mesenquimales.

Las superficies nanotexturizadas favorecen la expresión de marcadores osteogénicos y aceleran la formación de matriz mineralizada. A diferencia de las superficies únicamente microarenadas, las nanoestructuras interactúan directamente con el citoesqueleto celular, modificando comportamiento biológico.

5.3.1.2 Modificación química de superficies

La ingeniería de superficies incorpora cambios en composición química para mejorar biocompatibilidad. Ejemplos incluyen:

- Tratamientos con calcio y fósforo.
- Oxidación controlada.
- Incorporación de iones bioactivos.
- Tratamientos hidrofílicos.

Las superficies hidrofílicas muestran mayor capacidad de atraer proteínas y células osteoprogenitoras durante las primeras horas postquirúrgicas, periodo crítico para consolidación biológica.

5.3.1.3 Bioactivación con moléculas osteoinductivas

La incorporación de moléculas bioactivas en la superficie implantaria representa un paso hacia la bioingeniería regenerativa. Se investigan:

- Factores de crecimiento.
- Péptidos osteogénicos.
- Proteínas morfogenéticas óseas.
- Recubrimientos con liberación controlada.

Estos sistemas buscan estimular diferenciación celular dirigida y acelerar transición hacia hueso lamelar maduro.

5.3.1.4 Modulación inmunológica temprana

Uno de los avances más relevantes es la comprensión del papel del sistema inmunológico en la osteointegración. La fase inflamatoria inicial no es simplemente un proceso reactivo, sino un evento regulador que condiciona el éxito a largo plazo. La modulación inmunológica temprana busca:

- Favorecer polarización de macrófagos hacia fenotipo reparativo.
- Reducir respuesta inflamatoria crónica.
- Minimizar reabsorción ósea temprana.

El control de esta fase puede disminuir remodelado crestal inicial.

5.3.1.5 Transición controlada de estabilidad primaria a secundaria

En el modelo clásico, la estabilidad primaria mecánica debía mantenerse intacta hasta consolidación biológica. El enfoque actual busca acelerar la transición mediante:

- Superficies bioactivas.
- Mayor superficie de contacto.
- Modulación celular dirigida.

El objetivo es reducir el periodo de vulnerabilidad biomecánica durante el cual la estabilidad primaria disminuye antes de que la estabilidad secundaria alcance su punto máximo.

5.3.1.6 Impacto clínico futuro

La biointegración activa podría permitir:

- Protocolos inmediatos más seguros.
- Reducción de tiempos de carga.
- Mejor comportamiento en hueso tipo III–IV.
- Menor pérdida ósea marginal temprana.

Esto transformaría los criterios tradicionales de selección de casos y ampliaría las indicaciones terapéuticas.

Síntesis conceptual

La evolución del concepto de osteointegración refleja la transición de una implantología mecánica hacia una implantología biológicamente inteligente. El implante deja de ser un dispositivo pasivo anclado al hueso para convertirse en una interfaz bioactiva capaz de modular respuesta celular y optimizar integración tisular. La implantología del futuro no solo dependerá de la precisión quirúrgica, sino de la capacidad de influir activamente en la biología periimplantaria.

5.3.2 Inteligencia artificial y modelado predictivo

La implantología contemporánea se encuentra en una fase de transición hacia la integración de sistemas de análisis automatizado y modelado predictivo basados en inteligencia artificial (IA). Este cambio no implica la sustitución del criterio clínico, sino su ampliación mediante herramientas capaces de procesar grandes volúmenes de datos anatómicos, biomecánicos y clínicos.

La IA aplicada a la rehabilitación implantológica busca transformar la planificación y el seguimiento en procesos más precisos, reproducibles y personalizados.

Figura 5.6.

Flujo implantológico asistido por inteligencia artificial en rehabilitación implantosoportada



Nota: Diagrama esquemático que representa la integración de inteligencia artificial en el flujo implantológico contemporáneo. El esquema incluye análisis avanzado de CBCT con segmentación automatizada, modelado biomecánico predictivo, planificación tridimensional personalizada, optimización del diseño protésico, evaluación de riesgo biológico y monitorización postoperatoria. La IA actúa como sistema integrador que conecta diagnóstico, planificación, ejecución quirúrgica y mantenimiento, permitiendo decisiones clínicas más precisas, personalizadas y predictivas.

5.3.2.1 Análisis automatizado de imágenes tridimensionales Interpretación avanzada de CBCT

Los sistemas basados en aprendizaje profundo permiten:

- Segmentación automática del hueso alveolar.
- Identificación del conducto dentario inferior.
- Medición automatizada de densidad ósea relativa.
- Detección de defectos óseos ocultos.

Estos sistemas reducen variabilidad interobservador y mejoran precisión diagnóstica. En un futuro cercano, la IA podría sugerir automáticamente:

- Longitud ideal del implante.
- Diámetro recomendado.
- Posición tridimensional óptima.
- Necesidad de regeneración previa.

5.3.2.2 Modelado predictivo biomecánico La simulación digital avanzada permite anticipar el comportamiento mecánico antes de la cirugía. Mediante modelos de elementos finitos asistidos por algoritmos inteligentes, se puede:

- Simular distribución de tensiones.
- Analizar efecto del cantilever.
- Evaluar riesgo de sobrecarga lateral.
- Predecir puntos de concentración de estrés crestal.

Este enfoque permite diseñar rehabilitaciones con menor riesgo mecánico desde la fase preoperatoria.

5.3.2.3 Predicción de riesgo biológico

La IA puede integrar múltiples variables:

- Historia periodontal.
- Tabaquismo.
- Diabetes.
- Espesor mucoso.
- Nivel óseo basal.
- Índices de placa.

Mediante análisis multivariable, los algoritmos pueden generar perfiles de riesgo personalizados para:

- Periimplantitis.
- Fracaso temprano.
- Complicaciones mecánicas secundarias.

Esto permite implementar protocolos de mantenimiento más intensivos en pacientes de alto riesgo.

5.3.2.4 Optimización del protocolo de carga

Los modelos predictivos pueden ayudar a determinar:

- Viabilidad de carga inmediata.
- Necesidad de carga diferida.
- Riesgo de micromovimiento excesivo.
- Recomendación de ferulización.

La decisión del protocolo de carga dejaría de basarse exclusivamente en torque inicial, integrando análisis multifactorial.

5.3.2.5 Personalización protésica avanzada

Los sistemas inteligentes pueden:

- Analizar patrón oclusal digital.

- Estimar fuerzas funcionales reales.
- Diseñar restauraciones con distribución optimizada.
- Ajustar espesor y material según patrón funcional.

La prótesis dejaría de ser estandarizada y pasaría a ser diseñada según dinámica masticatoria individual.

5.3.2.6 Monitorización postoperatoria asistida La IA también puede integrarse en el seguimiento:

- Comparación automatizada de radiografías seriadas.
- Detección temprana de pérdida ósea progresiva.
- Análisis de cambios periimplantarios mínimos.
- Evaluación digital de estabilidad marginal.

En combinación con sensores protésicos futuros, podría detectarse sobrecarga antes de que se manifiesten signos clínicos.

5.3.2.7 Integración con impresión 3D y fabricación aditiva Los sistemas inteligentes pueden:

- Ajustar diseño estructural según simulación biomecánica.
- Optimizar grosor en zonas de mayor tensión.
- Personalizar macroestructura implantaria.

Esto permitiría fabricación más eficiente y biomecánicamente coherente.

5.3.2.8 Limitaciones actuales y desafíos éticos, Aunque prometedora, la implantología asistida por IA enfrenta desafíos:

- Calidad variable de bases de datos.
- Necesidad de validación clínica robusta.
- Dependencia de calibración tecnológica.
- Consideraciones éticas en toma de decisiones automatizadas. El juicio clínico humano continúa siendo indispensable.

Proyección futura

La integración completa de IA en implantología podría permitir:

- Planificación automática basada en datos poblacionales.
- Protocolos personalizados en tiempo real.
- Disminución de complicaciones.
- Optimización de longevidad funcional.

Sin embargo, el futuro no sustituirá al especialista; potenciará su capacidad analítica y reducirá margen de error.

Síntesis conceptual La inteligencia artificial no reemplaza la implantología basada en principios biológicos y biomecánicos; la complementa. La implantología del futuro será:

- Predictiva en lugar de reactiva.
- Personalizada en lugar de estandarizada.
- Monitorizada en lugar de episódica.

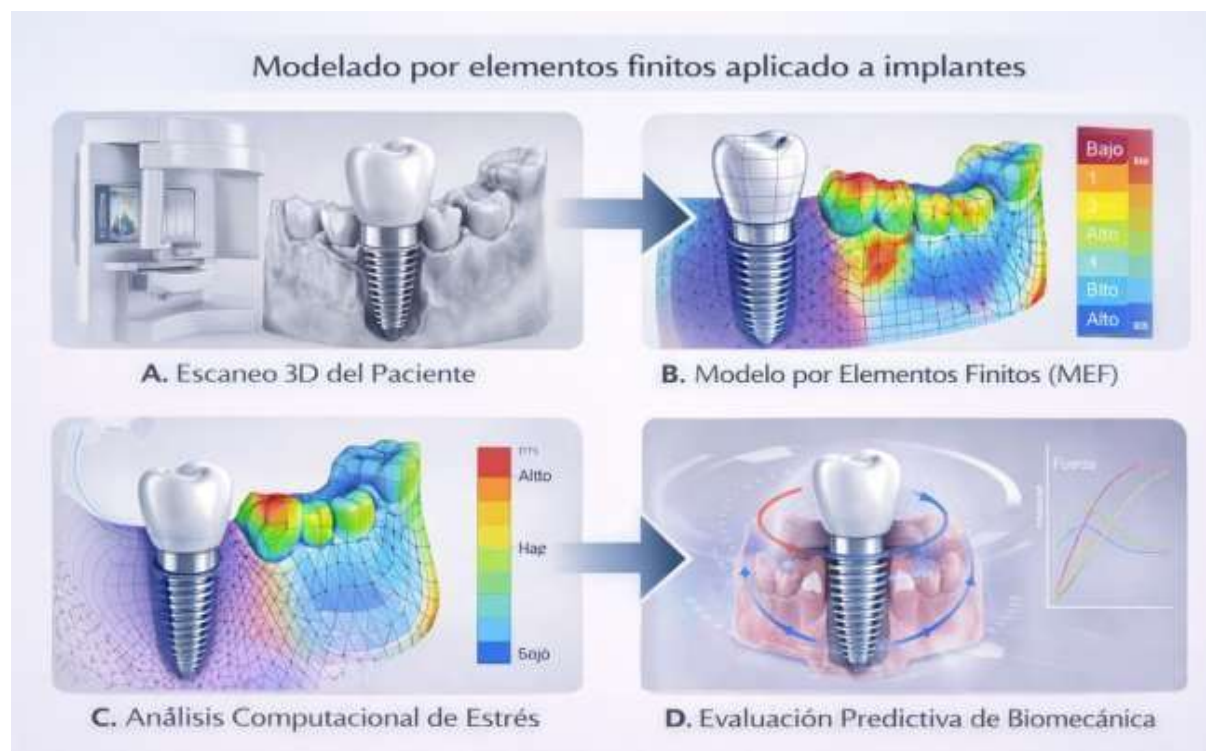
El especialista del futuro deberá dominar tanto la biología periimplantaria como la interpretación crítica de sistemas digitales avanzados.

5.3.3 Personalización biomecánica avanzada

La implantología del futuro no se fundamentará en protocolos universales, sino en la adaptación estructural y funcional individualizada de cada rehabilitación. La personalización biomecánica avanzada implica diseñar el sistema implante–pilar–prótesis considerando variables anatómicas, dinámicas y funcionales específicas de cada paciente. Este enfoque trasciende la simple elección de diámetro o longitud implantaria, incorporando modelado predictivo de cargas y comportamiento tisular.

Figura 5.7

Aplicación de análisis por elementos finitos



Nota: Representación esquemática del análisis por elementos finitos (Finite Element Analysis, FEA) aplicado a un implante osteointegrado sometido a carga funcional. La imagen muestra distribución de tensiones mediante gradientes cromáticos que indican concentración de estrés en la región crestal y en la interfase hueso–implante. Este tipo de modelado permite simular cargas axiales y oblicuas, identificar zonas críticas de concentración tensional y optimizar diseño implantario, longitud de cantilever y configuración protésica antes de la ejecución clínica.

5.3.3.1 Análisis dinámico del patrón masticatorio individual

Cada paciente presenta:

- Fuerza masticatoria máxima distinta.
- Distribución diferencial de cargas.
- Patrón excéntrico particular.
- Nivel variable de parafunción.

La incorporación de análisis digital de movimientos mandibulares permite:

- Registrar trayectorias funcionales.
- Identificar interferencias.
- Evaluar fuerzas excéntricas predominantes.

La personalización biomecánica se basa en transformar estas variables dinámicas en decisiones estructurales protésicas.

5.3.3.2 Modelado por elementos finitos personalizado

El análisis por elementos finitos (FEA) aplicado a implantología permite simular:

- Distribución de tensiones en hueso cortical y trabecular.
- Concentración de estrés crestal.
- Flexión estructural de prótesis.
- Impacto del cantilever.

La integración de datos reales del paciente en modelos tridimensionales posibilita prever:

- Riesgo de sobrecarga.
- Zonas de concentración de tensión.
- Necesidad de ferulización.
- Ajustes en diseño de emergencia.

Este enfoque transforma la planificación en un proceso predictivo cuantificable.

5.3.3.3 Personalización del diseño macrogeométrico

La macrogeometría implantaria puede adaptarse según:

- Densidad ósea específica.
- Espesor cortical.
- Distribución anatómica.
- Necesidad de estabilidad primaria reforzada.

El diseño cónico, la profundidad de rosca y el paso helicoidal pueden optimizarse según condiciones individuales. En el futuro, la fabricación aditiva podría permitir implantes con macroestructura personalizada para cada paciente.

5.3.3.4 Adaptación protésica estructural avanzada La personalización no se limita al implante; la restauración juega un papel determinante. Variables a individualizar:

- Espesor estructural.
- Tipo de material (zirconia monolítica, híbridos reforzados, titanio fresado).
- Distribución interna de refuerzos.
- Perfil de emergencia funcional.

El objetivo es minimizar concentración de tensiones y aumentar longevidad estructural.

5.3.3.5 Optimización de la relación corona–implante

La relación corona–implante influye directamente en el momento de flexión. En pacientes con:

- Reabsorción vertical significativa.
- Altura coronaria aumentada.
- Biotipo óseo reducido. Es necesario ajustar:
- Número de implantes.
- Ferulización.
- Control de cantilever.
- Espesor estructural protésico.

La personalización biomecánica permite compensar relaciones estructuralmente desfavorables.

5.3.3.6 Control individualizado del esquema oclusal

El esquema oclusal puede adaptarse según:

- Patrón funcional.
- Tipo de rehabilitación (unitaria, parcial, total).
- Presencia de bruxismo.
- Estabilidad periodontal remanente.

La distribución de contactos debe diseñarse con base en dinámica real del paciente, no únicamente en principios teóricos generales.

5.3.3.7 Integración con sensores de carga futura

Una proyección emergente es la incorporación de micro-sensores integrados en prótesis que permitan:

- Medición continua de carga.
- Detección de sobrecarga temprana.
- Análisis de distribución funcional en tiempo real.

La información obtenida podría retroalimentar ajustes protésicos preventivos.

5.3.3.8 Impacto en longevidad y mantenimiento La personalización biomecánica avanzada puede:

- Reducir complicaciones mecánicas.
- Disminuir pérdida ósea marginal.
- Optimizar adaptación neuromuscular.
- Aumentar supervivencia protésica.

La longevidad dejará de depender exclusivamente del implante como estructura aislada y se evaluará como desempeño del sistema completo.

Síntesis técnica

La implantología personalizada representa la convergencia entre:

- Ingeniería estructural.
- Biomecánica computacional.
- Diagnóstico tridimensional.
- Diseño protésico digital.
- Evaluación funcional dinámica.

El especialista del futuro deberá interpretar datos biomecánicos avanzados y traducirlos en decisiones clínicas personalizadas. La personalización biomecánica avanzada no sustituye la biología; la complementa y la optimiza.

5.3.4 Flujo digital integrado en rehabilitación implantológica



La digitalización en implantología ha dejado de ser una herramienta auxiliar para convertirse en el eje estructural del proceso terapéutico moderno. El flujo digital integrado implica la interconexión sistemática de diagnóstico, planificación, ejecución quirúrgica, rehabilitación protésica y seguimiento postoperatorio dentro de un entorno digital continuo. Este modelo reduce variabilidad clínica, mejora precisión marginal y permite planificación restauradora verdaderamente protésicamente guiada.

5.3.4.1 Integración diagnóstica multimodal El flujo digital inicia con la convergencia de múltiples fuentes de datos:

- CBCT para análisis óseo tridimensional.
- Escaneo intraoral para registro dentogingival.
- Fotografía clínica digital de alta resolución.
- Análisis oclusal digital.
- Registro facial en casos estéticos avanzados.

La superposición (matching) de CBCT y escaneo intraoral permite visualizar simultáneamente estructuras óseas y contornos protésicos, facilitando planificación tridimensional precisa. La precisión del registro es determinante para evitar errores acumulativos en fases posteriores.

5.3.4.2 Planificación protésicamente guiada digital La planificación digital permite:

- Simulación virtual de colocación implantaria.
- Evaluación de paralelismo entre implantes.
- Determinación de emergencia protésica ideal.
- Simulación de distancia a estructuras anatómicas críticas.

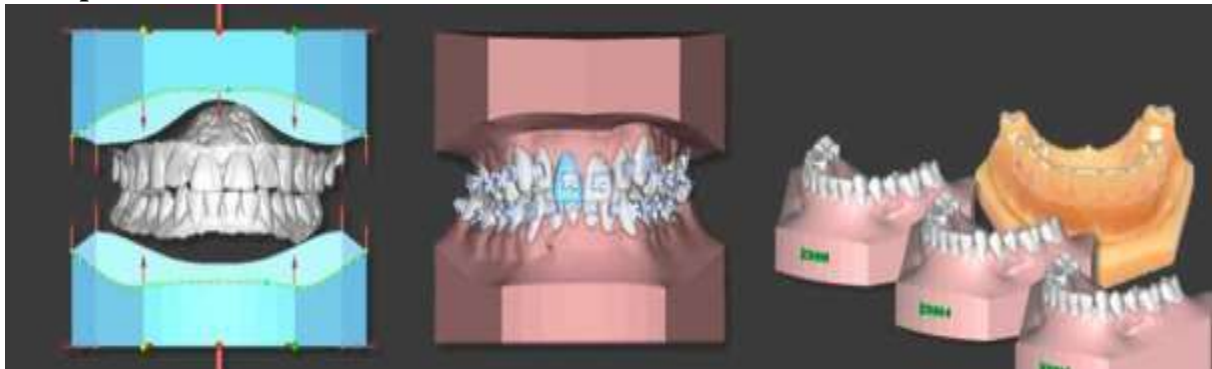
El enfoque contemporáneo invierte el orden tradicional: primero se diseña la prótesis, luego se posiciona el implante virtualmente. Esto asegura coherencia estética y funcional desde la fase preoperatoria.

5.3.4.3 Diseño y fabricación CAD/CAM Una vez definida la posición implantaria, el sistema digital permite:

- Diseño virtual del pilar.
- Modelado de estructura protésica.
- Simulación de espesores mínimos.
- Evaluación de ajuste pasivo digital.

La fabricación mediante fresado o impresión 3D reduce distorsiones asociadas a técnicas analógicas. El ajuste pasivo mejora significativamente al eliminar múltiples fases manuales.

CAD para Ortodoncia



Nota: La imagen ilustra diferentes configuraciones de distribución de cargas en prótesis implantosoportadas, evidenciando cómo la geometría, el soporte óseo y la disposición de los implantes influyen en la transmisión de fuerzas y en la estabilidad biomecánica del sistema. Una correcta planificación busca minimizar los momentos de flexión y optimizar la carga axial para preservar la osteointegración.

Flujo digital integrado en rehabilitación implantológica

La digitalización en implantología ha dejado de ser una herramienta auxiliar para convertirse en el eje estructural del proceso terapéutico moderno. El flujo digital integrado implica la interconexión sistemática de diagnóstico, planificación, ejecución quirúrgica, rehabilitación protésica y seguimiento postoperatorio dentro de un entorno digital continuo. Este modelo reduce variabilidad clínica, mejora precisión marginal y permite planificación restauradora verdaderamente protésicamente guiada.

5.3. y control 4.4 Cirugía guiada tridimensional. La planificación digital puede materializarse mediante:

- Guías quirúrgicas estáticas.
- Sistemas dinámicos de navegación.
- Control de profundidad y angulación en tiempo real.

La cirugía guiada reduce desviaciones angulares y apicales, especialmente en sectores anatómicamente complejos. Sin embargo, su precisión depende de:

- Exactitud del registro digital.
- Estabilidad de la guía.
- Experiencia operatoria.

5.3.4.5 Integración restauradora inmediata. En protocolos de carga inmediata, el flujo digital permite:

- Fabricación anticipada del provisional.
- Ajuste inmediato postquirúrgico.
- Modelado tisular digitalmente planificado.

La reducción del tiempo entre cirugía y restauración minimiza trauma repetitivo y optimiza estabilidad inicial.

5.3.4.6 Control oclusal digital. El análisis digital de contactos permite:

- Visualización cuantitativa de fuerzas.
- Identificación de interferencias mínimas.
- Ajustes precisos sin sobrecorrección.

La digitalización del control oclusal mejora la distribución axial de cargas y reduce riesgo de complicaciones mecánicas.

5.3.4.7 Monitorización y mantenimiento digital. El flujo digital no termina con la colocación definitiva. Las herramientas actuales permiten:

- Comparación automática de radiografías secuenciales.
- Registro digital de estabilidad marginal.

- Seguimiento volumétrico de tejido blando.
- Almacenamiento de registros funcionales a largo plazo.

La implantología se orienta hacia mantenimiento preventivo basado en datos longitudinales.

5.3.4.8 Ventajas técnicas del flujo integrado

- Reducción de errores acumulativos.
- Mayor reproducibilidad.
- Mejor ajuste marginal.
- Planificación restauradora coherente.
- Disminución de tiempos clínicos.
- Mejor comunicación interdisciplinaria.

5.3.4.9 Limitaciones actuales. A pesar de sus ventajas, el flujo digital enfrenta desafíos:

- Costos de implementación.
- Dependencia tecnológica.
- Curva de aprendizaje avanzada.

Posible sobreconfianza en automatización. El criterio clínico sigue siendo el elemento central.

Síntesis técnica El flujo digital integrado transforma la implantología en un proceso continuo y sistemático, donde cada fase alimenta a la siguiente dentro de un entorno coherente. El futuro inmediato no eliminará la técnica manual, pero la complementará con precisión computacional que reduce incertidumbre clínica. La integración digital completa permitirá rehabilitaciones más previsibles, menos invasivas y mejor adaptadas a la dinámica funcional individual.

Conclusión

La rehabilitación sobre implantes se ha consolidado como una de las áreas más avanzadas y científicamente fundamentadas de la odontología contemporánea, debido a su capacidad para integrar principios biológicos, biomecánicos, diagnósticos y restauradores orientados a la recuperación funcional y estética del sistema estomatognático. A lo largo de la obra, se evidencia que el éxito implantológico no depende exclusivamente de la osteointegración del implante, sino de la interacción equilibrada entre planificación tridimensional, estabilidad periimplantaria, control biomecánico y correcta ejecución protésica.

El análisis desarrollado demuestra que la implantología moderna ha evolucionado desde un enfoque quirúrgico centrado únicamente en la disponibilidad ósea hacia una filosofía protésicamente guiada, donde el resultado restaurador final condiciona todas las etapas terapéuticas. Este cambio conceptual ha permitido incrementar la predictibilidad clínica, optimizar la preservación tisular y reducir significativamente las complicaciones mecánicas y biológicas a largo plazo. Asimismo, la incorporación de herramientas digitales, planificación virtual y tecnologías

diagnósticas avanzadas ha transformado la precisión del tratamiento implantológico contemporáneo. Desde el punto de vista biológico, la obra reafirma que la estabilidad del complejo periimplantario depende de fenómenos dinámicos como el remodelado óseo crestal, la formación del ancho biológico y la adecuada respuesta de los tejidos blandos frente a las cargas funcionales y al biofilm bacteriano. Del mismo modo, el control biomecánico adquiere un papel determinante debido a la ausencia de ligamento periodontal y a la transmisión directa de fuerzas hacia el hueso periimplantario, lo que exige restauraciones diseñadas bajo criterios de distribución axial de cargas y estabilidad estructural.

La restauración definitiva implantoportada se presenta en esta obra como la culminación de un proceso terapéutico multidisciplinario que requiere precisión diagnóstica, adecuada selección del caso clínico, control oclusal y elección racional de materiales restauradores. La comparación entre sistemas cementados y atornillados, así como el análisis de materiales contemporáneos como zirconia y disilicato de litio, permite comprender que la selección protésica debe individualizarse según el riesgo biológico, mecánico y estético de cada paciente.

Posteriormente, este libro constituye un aporte académico y clínico de gran relevancia para la formación especializada en implantología restauradora, al integrar evidencia científica actualizada con aplicaciones clínicas fundamentadas. Su contenido no solo fortalece el conocimiento técnico del lector, sino que promueve una visión crítica e integral de la rehabilitación sobre implantes, orientada a tratamientos predecibles, funcionales y duraderos. En consecuencia, la obra reafirma que la excelencia en implantología no depende de procedimientos aislados, sino de la correcta articulación entre ciencia, planificación y ejecución clínica basada en evidencia.



Glosario Técnico de Implantología y Rehabilitación Oral

A

Ancho biológico periimplantario: Espacio tisular compuesto por epitelio de unión y tejido conectivo que asegura el sellado alrededor del implante.

Ajuste pasivo: Adaptación de la prótesis sin generar tensiones internas en los implantes.

Angulación implantaria: Inclinação del implante respecto al eje ideal funcional y estético.

Atornillado protésico: Método de fijación mediante tornillo que permite retrievabilidad.

Arquitectura periimplantaria: Organización estructural de tejidos blandos y duros alrededor del implante.

B

Biomecánica implantaria: Estudio de las fuerzas y su impacto sobre implantes y hueso.

Biofilm: Acumulación bacteriana adherida a superficies implantarias.

Bruxismo: Hábito parafuncional que genera sobrecarga mecánica.

Base de titanio: Componente que conecta restauraciones con el implante.

Balance oclusal: Distribución uniforme de contactos durante la masticación.

C

Carga axial: Fuerza aplicada en dirección paralela al eje del implante.

Cantilever: Extensión protésica sin soporte directo que aumenta el estrés.

CBCT: Tomografía tridimensional utilizada en diagnóstico implantológico.

Conexión implante–pilar: Unión mecánica entre implante y componente protésico.

Cemento protésico: Material usado para fijar restauraciones cementadas.

D

Densidad ósea: Calidad estructural del hueso que influye en la estabilidad.

Dimensión vertical: Altura funcional entre maxilar y mandíbula.

Disilicato de litio: Material cerámico estético de resistencia moderada.

Diagnóstico integral: Evaluación completa del paciente antes del tratamiento.

Distribución de fuerzas: Forma en que las cargas se transmiten al hueso.

E

Estabilidad primaria: Fijación mecánica inicial del implante.

Estabilidad secundaria: Estabilidad biológica tras la osteointegración.

Estratificación del riesgo: Clasificación del paciente según factores clínicos.

Emergencia protésica: Forma en que la prótesis emerge del tejido blando.

Encerado diagnóstico: Simulación del resultado final antes del tratamiento.

F

Fenotipo mucoso: Características del tejido blando periimplantario.

Fuerza oclusal: Presión generada durante la masticación.

Fijación protésica: Método de unión entre implante y prótesis.

Fatiga mecánica: Deterioro por cargas repetitivas en materiales.

Fusión DICOM-STL: Integración de imágenes radiográficas y digitales.

G

Guía quirúrgica: Dispositivo que orienta la colocación del implante.

Grosor mucoso: Espesor del tejido blando que influye en la estabilidad.

Geometría implantaria: Diseño estructural del implante.

Gingiva periimplantaria: Tejido blando que rodea el implante.

Gradiente de carga: Variación en la distribución de fuerzas aplicadas.

H

Hueso cortical: Capa externa densa del hueso.

Hueso trabecular: Estructura interna esponjosa del hueso.

Hueso lamelar: Tejido óseo maduro organizado.

Hueso inmaduro: Tejido óseo inicial de formación rápida.

Higiene periimplantaria: Mantenimiento para prevenir infecciones.

I

Implante dental: Dispositivo de titanio que sustituye la raíz dental.

Integración ósea: Unión funcional entre implante y hueso.

Inflamación periimplantaria: Respuesta inflamatoria alrededor del implante.

Injerto óseo: Procedimiento para aumentar volumen óseo.

Interfase implante–pilar: Zona de contacto entre componentes.

J

Junta implante–pilar: Área de unión que puede presentar microgap.

Jig de verificación: Dispositivo para comprobar ajuste protésico.

Juste oclusal: Corrección de contactos dentales.

Junta mecánica: Unión estructural entre componentes.

Jornada funcional oclusal: Dinámica de contactos durante movimientos mandibulares.

K

Kinematics oclusal: Estudio del movimiento mandibular.

K-factor biomecánico: Relación de fuerzas en el sistema implantario.

Kinetics masticatoria: Fuerzas generadas durante la masticación.

Kappa oclusal: Relación funcional entre ejes dentales.

Key implant positioning: Posición ideal del implante para éxito clínico.

L

Ligamento periodontal: Tejido ausente en implantes que amortigua fuerzas en dientes naturales.

Línea de sonrisa: Nivel de exposición gingival al sonreír.

Longitud implantaria: Dimensión del implante en sentido apico-coronal.

Lecho quirúrgico: Preparación ósea para inserción del implante.

Laminado óseo: Organización estructural del hueso maduro.

M

Microgap: Espacio microscópico en la unión implante–pilar.

Momento de fuerza: Resultado de fuerza por distancia (palanca).

Mucosa queratinizada: Tejido resistente que rodea el implante.

Mucositis periimplantaria: Inflamación reversible del tejido blando.

Modelo de estudio: Réplica para análisis diagnóstico.

N

Nivel crestal: Altura del hueso alrededor del implante.

Necrosis ósea: Muerte del tejido óseo por falta de irrigación.

Nicho estético: Zona de alta demanda estética.

Núcleo protésico: Estructura base de la restauración.

Navegación quirúrgica: Técnica digital para guiar cirugía.

O

Osteointegración: Unión directa entre hueso e implante.
Oclusión implantosoportada: Relación funcional de prótesis sobre implantes.
Osteoblasto: Célula formadora de hueso.
Osteoclasto: Célula responsable de la reabsorción ósea.
Osteotomía: Preparación del hueso para implante.

P

Perfil de emergencia: Contorno de salida de la prótesis.
Pilar protésico: Conector entre implante y corona.
Platform switching: Técnica para reducir pérdida ósea crestal.
Precarga del tornillo: Fuerza interna generada por torque.
Planificación tridimensional: Diseño del tratamiento en 3D.

Q

Queratina gingival: Componente protector del tejido blando.
Quirófano implantológico: Espacio clínico para cirugía.
Quiste óseo: Lesión patológica en el hueso.
Química de superficie: Propiedades que afectan la osteointegración.
Quirugía guiada: Cirugía asistida por tecnología digital.

R

Remodelado óseo crestal: Adaptación del hueso tras implante.
Restauración implantosoportada: Prótesis fija sobre implante.
Retrievabilidad: Capacidad de retirar la prótesis.
Resistencia mecánica: Capacidad de soportar cargas.
Reabsorción ósea: Pérdida de tejido óseo.

S

Sobredentadura: Prótesis removible sobre implantes.
Sellado mucoso: Barrera biológica contra bacterias.
Superficie implantaria: Características del implante que favorecen integración.
Sistema CAD/CAM: Tecnología digital de diseño y fabricación.
Sobrecarga oclusal: Exceso de fuerza que afecta el implante.

T

Torque de inserción: Fuerza aplicada al colocar el implante.
Tejido conectivo: Soporte estructural periimplantario.
Titanio: Material biocompatible usado en implantes.
Tensión crestal: Concentración de fuerzas en la cresta ósea.
Tratamiento implantológico: Proceso completo de rehabilitación.

U

Unidad implantaria: Conjunto implante–pilar–corona.
Umbral de micro movimiento: Límite de desplazamiento permitido.
Uso oclusal: Aplicación funcional de la prótesis.
Ultrasonido dental: Técnica para mantenimiento.
Unión estructural: Integración de componentes protésicos.

V

Vector de fuerza: Dirección de la carga aplicada.
Volumen óseo: Cantidad de hueso disponible.
Vascularización periimplantaria: Irrigación del tejido alrededor del implante.
Viscoelasticidad ósea: Propiedad mecánica del hueso.
Verificación radiográfica: Control de adaptación protésica.

Autores:



OD. LOURDES ELIZABETH MENÉNDEZ OÑA, ESP.

Biografía

Odontóloga, Especialista en Implantología Oral, Diplomado en Estética Dental, Diplomado en Oclusión. Autora de artículos publicados en Revistas Científicas Internacionales Indexadas de Alto Impacto e Impacto Regional. Miembro Investigadora de la Carrera de Odontología extensión Quevedo. Coordinadora de la Carrera de Odontología extensión Quevedo. Docente de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes.



OD. EDISON ANDRÉS FLORES MEJÍA

Biografía

Edison Andrés Flores Mejía, entregado docente investigador, que ayuda a la formación académica e integral de los alumnos de la Uniandes Quevedo en la carrera de Odontología, autor de varios artículos sobre rehabilitación oral que busca brindar a través de esta obra herramientas estratégicas y técnicas para la planificación y éxito de restauraciones definitivas sobre implantes. Cuando no está en docencia disfruta de leer un buen libro, en la ciudad de Quevedo, a sus 35 años.

OD. ROGER IVÁN GUERRERO NARANJO. ESP.



Biografía

Odontólogo especialista en Prótesis Fija, Prótesis Removible e Implantología Asistida, con sólida formación clínica y enfoque en rehabilitación oral integral. Docente universitario comprometido con la formación académica y el desarrollo de competencias clínicas basadas en evidencia científica. Instructor de cursos privados de actualización profesional en áreas de rehabilitación oral y técnicas implantológicas. Expositor en congresos y jornadas científicas nacionales e internacionales, abordando temáticas de prótesis e implantología. Coautor de libros especializados en rehabilitación oral, contribuyendo al fortalecimiento académico y científico de la odontología.

OD. MARÍA JOSÉ ANDRADE ORTÍZ, ESP.



Biografía

Odontóloga especialista en prótesis dental, con formación de cuarto nivel en Seguridad y Salud Ocupacional por la Universidad de los Hemisferios. Obtuvo su título de odontóloga en la Universidad Internacional del Ecuador y realizó su formación de especialidad en Brasil en la Faculdade do Centro Oeste Paulista (FACOP), su trayectoria profesional integra la práctica odontológica con la promoción de entornos laborales seguros y saludables. Su interés académico se orienta a la actualización permanente y a la difusión del conocimiento en el ámbito odontológico.

Referencias

1. Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallén O, et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl.* 1977;16:1-132.
2. Albrektsson T, Brånemark PI, Hansson HA, Lindström J. Osseointegrated titanium implants. *Acta Orthop Scand.* 1981;52(2):155-170.
3. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants. *Int J Oral Surg.* 1981;10(6):387-416.
4. Berglundh T, Lindhe J, Ericsson I, Marinello CP, Liljenberg B, Thomsen P. The soft tissue barrier at implants and teeth. *Clin Oral Implants Res.* 1991;2(2):81-90.
5. Davies JE. Understanding peri-implant endosseous healing. *J Dent Educ.* 2003;67(8):932-949.
6. Wennerberg A, Albrektsson T. Effects of titanium surface topography on bone integration. *Clin Oral Implants Res.* 2009;20(Suppl 4):172-184.
7. Schwarz F, Derks J, Monje A, Wang HL. Peri-implantitis. *J Clin Periodontol.* 2018;45(Suppl 20):S246-S266.
8. Abrahamsson I, Berglundh T, Lindhe J. The mucosal barrier following abutment dis/reconnection. *Clin Oral Implants Res.* 1997;8(5):353-359.
9. Donath K, Laass M, Günzl HJ. The histopathology of different foreign-body reactions. *Virchows Arch A.* 1992;420(2):131-137.
10. Raghavendra S, Wood MC, Taylor TD. Early wound healing around endosseous implants. *J Prosthet Dent.* 2005;93(3):210-217.
11. Szmukler-Moncler S, Salama H, Reingewirtz Y, Dubruille JH. Timing of loading and effect of micromotion. *Clin Oral Implants Res.* 1998;9(1):52-60.
12. Meredith N. Assessment of implant stability. *Int J Prosthodont.* 1998;11(5):491-501.
13. Degidi M, Piattelli A. Immediate functional loading of dental implants. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2005;7(Suppl 1):S20-S29.
14. Cochran DL. The evidence for immediate loading of implants. *J Evid Based Dent Pract.* 2006;6(2):155-163.
15. Atsumi M, Park SH, Wang HL. Methods used to assess implant stability. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2007;22(5):743-754.
16. Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Cochran DL. Crestal bone changes around titanium implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2000;15(4):529-536.

17. Lazzara RJ, Porter SS. Platform switching. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2006;26(1):9-17.
18. Tarnow DP, Cho SC, Wallace SS. The effect of inter-implant distance. *J Periodontol*. 2000;71(4):546-549.
19. Quirynen M, Van Steenberghe D. Bacterial colonization of the internal part of implants. *Clin Oral Implants Res*. 1993;4(3):158-161.
20. Broggini N, McManus LM, Hermann JS, et al. Persistent inflammation at implant–abutment interface. *J Dent Res*. 2003;82(3):232-237.
21. Zipprich H, Weigl P, Ratka C, Lange B, Lauer HC. Micromovements at the implant–abutment interface. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2007;22(4):681-686.
22. Canullo L, Iannello G, Penarrocha-Oltra D, Garcia B. One abutment one time concept. *Clin Oral Implants Res*. 2012;23(6):693-700.
23. Linkevicius T, Apse P. Influence of abutment height. *Clin Oral Implants Res*. 2008;19(5):497-503.
24. Berglundh T, Armitage G, Araujo MG, et al. Peri-implant diseases and conditions. *J Clin Periodontol*. 2018;45(Suppl 20):S286-S291.
25. Schwarz F, Becker K, Sager M. Efficacy of implantoplasty. *Clin Oral Implants Res*. 2017;28(4):433-440.
26. Listgarten MA, Lai CH. Comparative histology of tooth and implant interface. *Clin Oral Implants Res*. 1999;10(5):339-350.
27. Berglundh T, Lindhe J. Dimension of the periimplant mucosa. *J Clin Periodontol*. 1996;23(10):971-973.
28. Linkevicius T, Puisys A, Linkeviciene L, et al. Crestal bone stability with soft tissue thickness. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2015;17(6):1228-1236.
29. Thoma DS, Naenni N, Figuero E, et al. Effects of soft tissue thickness on marginal bone levels. *Clin Oral Implants Res*. 2018;29(Suppl 15):259-270.
30. Buser D, Martin W, Belser UC. Optimizing esthetics for implant restorations. *J Dent*. 2004;32(Suppl 1):43-50.
31. Misch CE. *Contemporary Implant Dentistry*. 3rd ed. St Louis: Mosby; 2008.
32. Frost HM. Wolff's law and bone remodeling. *Anat Rec*. 1990;226(4):403-413.
33. Isidor F. Influence of forces on peri-implant bone. *Clin Oral Implants Res*. 2006;17(Suppl 2):8-18.
34. Natali AN, Pavan PG, Ruggero AL. Analysis of stress distribution around implants. *J Oral Rehabil*. 2006;33(5):362-369.

35. Rangert B, Krogh PH, Langer B, Van Roekel N. Bending overload and implant fracture. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1995;10(3):326-334.
36. Geng JP, Tan KB, Liu GR. Application of finite element analysis. *J Prosthet Dent*. 2001;85(6):585-598.
37. Clelland NL, Gilat A. The effect of platform switching. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012;27(5):e55-e61.
38. Kim Y, Oh TJ, Misch CE, Wang HL. Occlusal considerations. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2005;20(4):593-599.
39. Monje A, Wang HL. Peri-implant marginal bone loss. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014;29(Suppl):S19-S34.
40. Araujo MG, Lindhe J. Peri-implant health and disease. *J Clin Periodontol*. 2018;45(Suppl 20):S230-S236.
41. Albrektsson T, Wennerberg A. Oral implant surfaces: Part 1—review focusing on topographic and chemical properties. *Int J Prosthodont*. 2004;17(5):536-543.
42. Albrektsson T, Wennerberg A. Oral implant surfaces: Part 2—review focusing on clinical knowledge of different surfaces. *Int J Prosthodont*. 2004;17(5):544-564.43.
43. Esposito M, Hirsch JM, Lekholm U, Thomsen P. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. *Eur J Oral Sci*. 1998;106(1):527-551.
44. Sennerby L, Roos J. Surgical determinants of clinical success of osseointegrated oral implants. *Int J Prosthodont*. 1998;11(5):408-420.
45. Friberg B, Sennerby L, Meredith N, Lekholm U. A comparison between cutting torque and resonance frequency measurements. *Clin Oral Implants Res*. 1999;10(4):297-303.
46. O'Sullivan D, Sennerby L, Meredith N. Influence of implant taper on primary and secondary stability. *Clin Oral Implants Res*. 2004;15(4):474-480.
47. Trisi P, De Benedittis S, Perfetti G, Berardi D. Primary stability, insertion torque and bone density. *Clin Oral Implants Res*. 2011;22(6):567-574.
48. Rodrigo D, Aracil L, Martin C, Sanz M. Diagnosis of implant stability and its impact on implant survival. *Clin Oral Implants Res*. 2010;21(3):255-261.
49. Glauser R, Lundgren A, Gottlow J, Sennerby L, Portmann M, Rasmusson L, et al. Immediate occlusal loading of Brånemark implants. *Clin Oral Implants Res*. 2003;14(1):68-77.
50. Ostman PO, Hellman M, Sennerby L. Immediate occlusal loading of implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2005;20(2):282-288.

51. Cannizzaro G, Leone M, Consolo U, et al. Immediate loading of implants placed in fresh extraction sockets. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2010;12(3):219-228.
52. Javed F, Romanos GE. The role of primary stability for successful immediate loading. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2010;12(2):142-148.
53. Turkyilmaz I, Tözüm TF, Tumer C, Ozbek EN. Assessment of correlation between bone density and implant stability. *Clin Oral Implants Res*. 2007;18(3):357-362.
54. Barewal RM, Oates TW, Meredith N, Cochran DL. Resonance frequency measurement of implant stability. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2003;18(5):641-651.
55. Huwiler MA, Pjetursson BE, Bosshardt DD, Salvi GE, Lang NP. Resonance frequency analysis in implants with different surface treatments. *Clin Oral Implants Res*. 2007;18(1):83-88.
56. Isidor F. Loss of osseointegration caused by occlusal load. *Clin Oral Implants Res*. 1996;7(2):143-152.
57. Miyata T, Kobayashi Y, Araki H, Ohto T, Shin K. The influence of controlled occlusal overload. *Clin Oral Implants Res*. 1998;9(6):385-390.
58. Duyck J, Naert I. Failure of oral implants: aetiology, symptoms and influencing factors. *Clin Oral Investig*. 1998;2(3):102-114.
59. Naert I, Duyck J, Vandamme K. Occlusal overload and bone/implant loss. *Clin Oral Implants Res*. 2012;23(Suppl 6):95-107.
60. Frost HM. Bone's mechanostat: a 2003 update. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol*. 2003;275(2):1081-1101.
61. Ganeles J, Rosenberg MM, Holt RL, Reichman LH. Immediate loading of implants with fixed prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2001;16(3):418-426.
62. Ericsson I, Nilner K, Klinge B, Glantz PO. Radiographical and clinical evaluation of load on implants. *Clin Oral Implants Res*. 1996;7(2):166-174.
63. Quirynen M, Naert I, Van Steenberghe D. Fixture design and overload influence marginal bone loss. *Clin Oral Implants Res*. 1992;3(3):104-111.
64. Cochran DL, Buser D, Ten Bruggenkate CM, Weingart D, Taylor TM, Bernard JP, et al. The use of reduced healing times. *Clin Oral Implants Res*. 2002;13(2):144-153.
65. Bornstein MM, Hart CN, Halbritter SA, Morton D, Buser D. Early loading of implants in posterior mandible. *Clin Oral Implants Res*. 2009;20(5):505-512.
66. Sakka S, Coulthard P. Implant failure: etiology and complications. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2011;16(1):e42-e44.

67. Papaspyridakos P, Chen CJ, Singh M, Weber HP, Gallucci GO. Success criteria in implant dentistry. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(Suppl 6):39-66.
68. Derks J, Tomasi C. Peri-implant health and disease. *J Clin Periodontol.* 2015;42(Suppl 16):S158-S171.
69. Monje A, Derks J, Tomasi C. Marginal bone loss around implants. *Clin Oral Implants Res.* 2019;30(9):910-919.
70. Linkevicius T, Puisys A, Vindasiute E, Linkeviciene L, Apse P. Does platform switching prevent marginal bone loss? *Clin Oral Implants Res.* 2010;21(4):421-427.
71. Canullo L, Penarrocha D, Clementini M, Iannello G, Micarelli C. Platform switching and marginal bone preservation. *Clin Oral Implants Res.* 2015;26(5):e93-e99.
72. Koutouzis T, Gadalla H, Lundgren T. Crestal bone changes around implants. *J Clin Periodontol.* 2013;40(6):575-583.
73. Schwarz F, Hegewald A, Becker J. Impact of implant–abutment connection. *Clin Oral Implants Res.* 2014;25(6):637-645.
74. Degidi M, Nardi D, Piattelli A. One abutment one time concept and marginal bone. *Clin Oral Implants Res.* 2011;22(10):1119-1125.
75. Linkevicius T, Vindasiute E, Puisys A, Linkeviciene L. The influence of soft tissue thickness. *Clin Oral Implants Res.* 2009;20(11):1222-1229.
76. Buser D, Janner SF, Wittneben JG, Brägger U, Ramseier CA, Salvi GE. 10-year survival and success rates of implants. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(Suppl 6):2-21.
77. Howe MS, Keys W, Richards D. Long-term (10-year) survival of implants. *Br Dent J.* 2019;226(3):185-191.
78. Jung RE, Zembic A, Pjetursson BE, Zwahlen M, Thoma DS. Systematic review of zirconia vs titanium abutments. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(Suppl 6):89-98.
79. Sailer I, Makarov NA, Thoma DS, Zwahlen M, Pjetursson BE. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported prostheses? *Clin Oral Implants Res.* 2015;26(2):174-184.
80. Pjetursson BE, Sailer I, Makarov NA, Zwahlen M, Thoma DS. All-ceramic vs metal-ceramic implant-supported reconstructions. *Clin Oral Implants Res.* 2014;25(4):e99-e113.
81. Bornstein MM, Al-Nawas B, Kuchler U, Tahmaseb A. Consensus statements and clinical recommendations for the use of CBCT in implant dentistry. *Clin Oral Implants Res.* 2014;25(1):38-41.
82. Jacobs R, Salmon B, Codari M, Hassan B, Bornstein MM. Cone beam computed tomography in implant dentistry. *Periodontol 2000.* 2018;77(1):133-146.

83. Guerrero ME, Jacobs R, Loubele M, Schutyser F, Suetens P, Van Steenberghe D. State-of-the-art on cone beam CT imaging for preoperative planning of implant placement. *Clin Oral Investig*. 2006;10(1):1-7.
84. Tahmaseb A, Wu V, Wismeijer D, Coucke W, Evans C. The accuracy of computer-guided implant surgery. *Clin Oral Implants Res*. 2014;25(4):416-423.
85. Vercruyssen M, Hultin M, Van Assche N, Svensson K, Naert I, Quirynen M. Guided surgery: accuracy and clinical outcome. *Clin Oral Implants Res*. 2014;25(Suppl 16):116-135.
86. D'Haese J, Van De Velde T, Komiyama A, Hultin M, De Bruyn H. Accuracy and complications using guided surgery. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2012;14(3):321-331.
87. Schneider D, Marquardt P, Zwahlen M, Jung RE. A systematic review on accuracy of computer-guided implant surgery. *Clin Oral Implants Res*. 2009;20(Suppl 4):73-86.
88. Jung RE, Schneider D, Ganeles J, Wismeijer D, Zwahlen M, Hämmerle CHF, et al. Computer technology applications in surgical implant dentistry. *Clin Oral Implants Res*. 2009;20(Suppl 4):92-109.
89. Van Assche N, Van Steenberghe D, Guerrero ME, Hirsch E, Schutyser F, Quirynen M, et al. Accuracy of implant placement based on pre-surgical planning. *Clin Oral Implants Res*. 2007;18(6):715-722.
90. Arisan V, Karabuda ZC, Ozdemir T. Accuracy of two stereolithographic guide systems. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2013;15(3):332-342.
91. Joda T, Gallucci GO. The virtual patient in dental medicine. *Clin Oral Implants Res*. 2015;26(6):725-726.
92. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in implant dentistry. *J Prosthodont Res*. 2017;61(2):131-139.
93. Papaspyridakos P, Gallucci GO, Chen CJ, Hanssen S, Naert I, Vandenberghe B. Digital workflow in implant dentistry. *Int J Prosthodont*. 2015;28(4):323-331.
94. Lin WS, Harris BT, Morton D. The use of digital imaging in implant dentistry. *Dent Clin North Am*. 2014;58(1):37-54.
95. Thoma DS, Zeltner M, Hämmerle CHF, Jung RE. Efficacy of guided bone regeneration. *Clin Oral Implants Res*. 2014;25(Suppl 15):117-135.
96. Esposito M, Grusovin MG, Worthington HV. Interventions for replacing missing teeth: bone augmentation techniques. *Cochrane Database Syst Rev*. 2006;(1):CD003607.

97. Chappuis V, Engel O, Reyes M, Shahim K, Nolte LP, Buser D. Ridge alterations post-extraction. *Clin Oral Implants Res.* 2013;24(Suppl A100):3-12.
98. Araújo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. *J Clin Periodontol.* 2005;32(2):212-218.
99. Buser D, Chen ST, Weber HP, Belser UC. Early implant placement following extraction. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2008;28(5):441-451.
100. Chen ST, Buser D. Clinical and esthetic outcomes of implants placed in postextraction sites. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24(Suppl):186-217.
101. Linkevicius T, Apse P, Grybauskas S, Puisys A. Influence of implant placement depth. *Clin Oral Implants Res.* 2009;20(12):1399-1405.
102. Tarnow DP, Magner AW, Fletcher P. The effect of the distance from contact point to bone crest. *J Periodontol.* 1992;63(12):995-998.
103. Choquet V, Hermans M, Adriaenssens P, Daelemans P, Tarnow DP, Malevez C. Clinical evaluation of papilla level. *Clin Oral Implants Res.* 2001;12(6):559-565.
104. Kan JYK, Rungcharassaeng K, Umezu K, Kois JC. Dimensions of peri-implant mucosa. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2003;18(4):544-550.
105. Cosyn J, Eghbali A, Hermans A, De Rouck T, Cleymaet R, De Bruyn H. A 5-year prospective study on implant placement in the aesthetic zone. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2013;15(5):707-715.
106. Juodzbals G, Wang HL. Soft and hard tissue assessment for implant placement. *J Oral Maxillofac Res.* 2010;1(4):e2.
107. Garber DA, Belser UC. Restoration-driven implant placement with restoration-generated site development. *Compend Contin Educ Dent.* 1995;16(8):796-804.
108. Belser UC, Bernard JP, Buser D. Implant-supported restorations in the anterior region. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1996;11(Suppl):19-29.
109. Sanz M, Chapple IL. Clinical research on peri-implant diseases. *J Clin Periodontol.* 2012;39(Suppl 12):202-206.
110. Derks J, Schaller D, Håkansson J, Wennström JL, Tomasi C, Berglundh T. Effectiveness of implant therapy analyzed in a Swedish population. *J Dent Res.* 2016;95(1):43-49.
111. Monje A, Insua A, Wang HL. Understanding peri-implantitis as a plaque-associated inflammatory disease. *J Clin Med.* 2019;8(10):1738.
112. Renvert S, Polyzois I, Claffey N. Surgical therapy for peri-implantitis. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(Suppl 6):84-94.

113. Heitz-Mayfield LJA, Salvi GE. Peri-implant mucositis. *J Clin Periodontol*. 2018;45(Suppl 20):S237-S245.
114. Lang NP, Berglundh T. Peri-implant diseases: where are we now? *J Clin Periodontol*. 2011;38(Suppl 11):178-181.
115. Jemt T. Regeneration of gingival papillae after implant treatment. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 1997;17(4):326-333.
116. Furhauser R, Florescu D, Benesch T, Haas R, Mailath G, Watzek G. Evaluation of soft tissue around single-tooth implants. *J Periodontol*. 2005;76(4):639-647.
117. Pjetursson BE, Thoma D, Jung R, Zwahlen M, Zembic A. A systematic review of implant-supported single crowns. *Clin Oral Implants Res*. 2012;23(Suppl 6):2-21.
118. Tahmaseb A, Wismeijer D, Coucke W, Derksen W. Computer technology in implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014;29(Suppl):25-42.
119. Block MS, Emery RW. Static or dynamic navigation for implant placement. *J Oral Maxillofac Surg*. 2016;74(2):e1-e9.
120. D'Haese J, Ackhurst J, Wismeijer D, De Bruyn H, Tahmaseb A. Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontol 2000*. 2017;73(1):121-133.

REHABILITACIÓN SOBRE IMPLANTES: ESTRATEGIAS Y TÉCNICAS PARA RESTAURACIONES DEFINITIVAS

