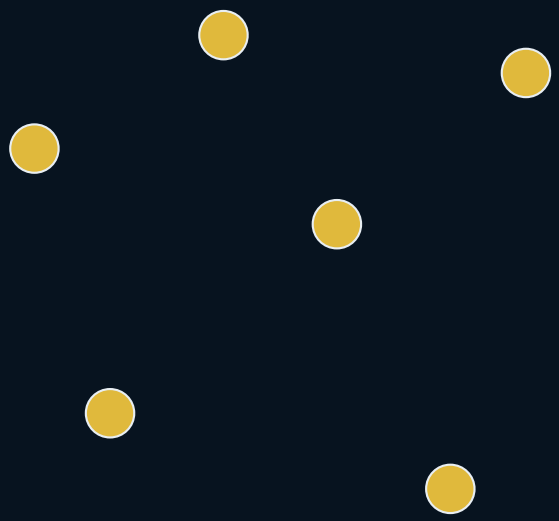
FORM3DENT

Digital dental design studio · León

Marcadores radiopacos en prótesis total

Protocolo de doble escaneo CBCT

Paciente edéntulo · Alineado preciso de prótesis y volumen



Guía clínico-técnica con esquemas ilustrativos

1. Principio del protocolo

En el paciente edéntulo, la prótesis completa duplica la información que necesitamos: contiene la posición ideal de los dientes (estética, oclusión, soporte labial) y, una vez alineada con el CBCT, permite planificar los implantes sobre el proyecto protésico. El problema es que el acrílico es radiolúcido y no se ve bien en el volumen. La solución es el **doble escaneo** con **marcadores radiopacos** como puntos de referencia comunes.

Escaneo	Qué se escanea	Para qué sirve
1	Paciente con la prótesis en boca, con marcadores y registro de mordida	Posición de hueso, mucosa y prótesis asentada en la boca
2	Prótesis sola, con los mismos marcadores	Geometría de la prótesis y marcadores nítidos, sin ruido anatómico

Los marcadores se detectan en ambos volúmenes y el software superpone el escaneo 2 sobre el 1 mediante **registro por puntos**. Cuanto mejor sea la distribución y la nitidez de los marcadores, menor será el error de alineado.

> **Alternativa:** prótesis duplicada en resina con sulfato de bario (aprox. 10-20 %) y escaneo único. Es más simple, pero el bario puede generar artefactos y no deja ver la interfase prótesis-mucosa tan limpia. El protocolo de doble escaneo con marcadores es el más fiable para validar el alineado.

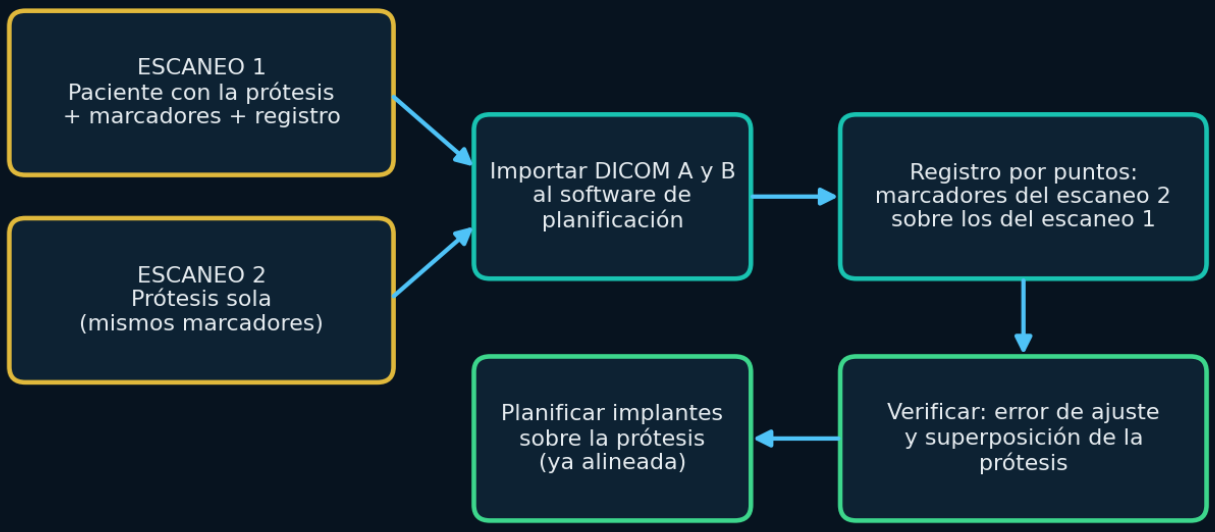


Fig. 1. Flujo de trabajo completo del protocolo.

2. Materiales y número de marcadores

Material	Ventajas	Inconvenientes
Gutapercha (puntas o fragmentos)	Radiopaca, económica, se coloca fácil, pocos artefactos	Puede deformarse al sellar; comprobar que queda bien fijada
Esferas cerámicas / circonio (1-2 mm)	Forma esférica: centro fácil de calcular en el software	Más difíciles de retener; requieren lecho preciso
Titanio / metal	Muy visibles	Generan artefactos que degradan el volumen: evitar

Número y tamaño

- **Mínimo técnico:** 3 marcadores no colineales. **Recomendado:** 6 (hasta 8), para tener redundancia si alguno se pierde o se ve mal.
- **Tamaño:** 1-2 mm. Menos de 1 mm se pierde en voxels de 0,3 mm; más de 2 mm genera artefacto y centro menos preciso.
- **Localización:** en la base acrílica (flanco vestibular y paladar). Nunca en la superficie oclusal ni a menos de 2 mm del borde de la prótesis.
- En la prótesis inferior, repartir por los flancos vestibulares y linguales; en la superior, combinar vestibular y palatino.

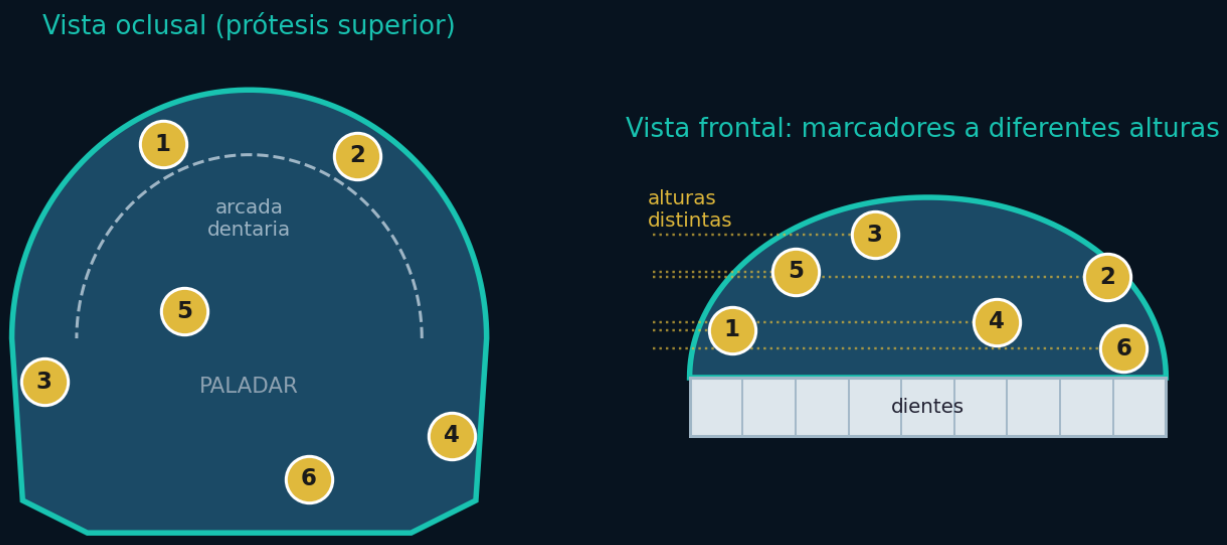


Fig. 2. Distribución propuesta de 6 marcadores (esquema orientativo): repartidos en la arcada y a alturas diferentes.

3. Distribución correcta de los marcadores

La precisión del alineado depende sobre todo de la **geometría** de los marcadores, más que de su número. Una mala distribución permite que la prótesis "gire" libremente sobre un eje y el software no lo detecte.



Fig. 3. Distribuciones frecuentes. Solo la última define la posición en las tres dimensiones.

- **No colineales:** con puntos en línea recta, la prótesis puede rotar alrededor de esa línea sin que cambie la superposición.
- **No coplanares:** usar marcadores a alturas diferentes (vestíbulo, flanco, bóveda palatina).
- **Repartidos por toda la arcada:** anterior, ambos lados posteriores y paladar. Abarcar la mayor superficie posible.
- **Asimetría:** evitar simetrías perfectas; facilitan identificar cada marcador con su pareja en ambos escaneos.
- **Separación:** al menos 5-10 mm entre marcadores para que no se fusionen en el volumen.

4. Preparación de la prótesis

Antes de colocar los marcadores, verifique que la prótesis sea la ideal para el proyecto: estética aprobada, oclusión correcta y buen ajuste.

- Comprobar **estabilidad y retención**. Si baila sobre la mucosa, rebasar (con material rígido o blando) antes del escaneo: un asiento distinto en boca desplaza todo el alineado.
- Fresar lechos de **1,5 mm de diámetro** y 2-3 mm de profundidad con fresa redonda, en las posiciones marcadas.
- Insertar el marcador (gutapercha o esfera) hasta el fondo y comprobar que no sobresale.
- Sellar con resina autopolimerizable (mejor transparente o del mismo color) y pulir al ras de la superficie.
- Numerar y **fotografiar la posición** de cada marcador en la prótesis: servirá para identificarlos en el software.

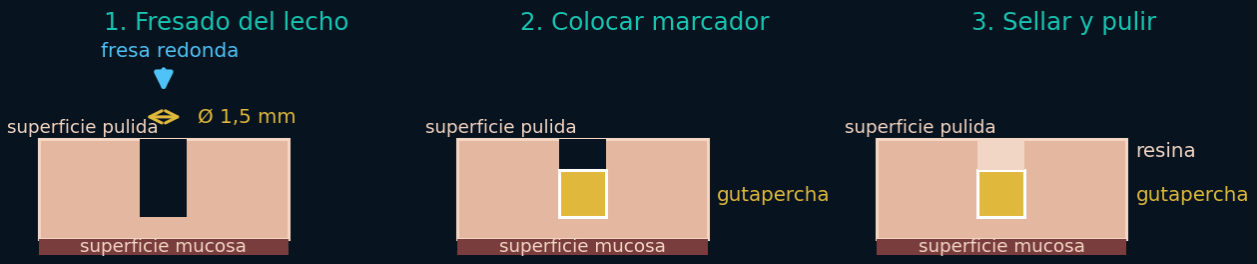


Fig. 4. Secuencia de colocación de un marcador en la base acrílica.

Importante: no modifique la prótesis entre el escaneo 1 y el escaneo 2 (sin retoques, sin desgastes, sin perder ningún marcador). Ambos escaneos deben hacerse con exactamente la misma pieza.

5. Escaneo 1: paciente con la prótesis

Este escaneo debe reproducir la posición real de la prótesis en boca. Registre la mordida con silicona (RC y DVO correctas) para que la prótesis asiente igual que en la boca, y evite desplazarla durante la exposición.

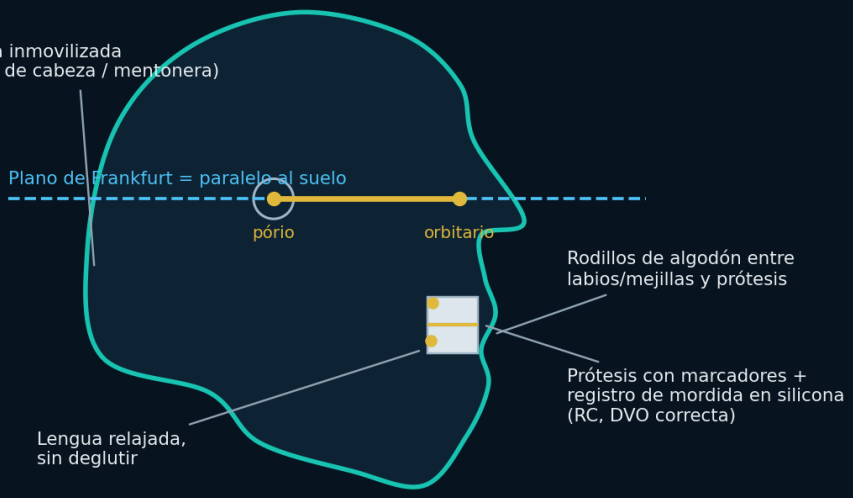


Fig. 5. Posicionamiento del paciente en el CBCT.

Aspecto	Recomendación
Posición de la cabeza	Plano de Frankfurt paralelo al suelo; plano sagital medio centrado con el láser
Mordida	Registro de silicona (VPS) entre ambas arcadas, a la DVO planificada; sin presión que desplace las prótesis
Tejidos blandos	Rodillos de algodón entre labios/mejillas y prótesis para separar los tejidos y ver el contorno
Movimiento	Cabeza inmovilizada, sin deglutir ni mover la lengua durante toda la exposición
Objetos metálicos	Retirar gafas, pendientes, collares y cualquier elemento metálico
Parámetros	Voxel de 0,3 mm o menos (idealmente 0,2-0,25 mm); FOV mínimo que incluya la arcada completa y los marcadores; kV/mA según el equipo
Revisión	Comprobar inmediatamente que no haya movimiento ni artefactos; repetir si es necesario

6. Escaneo 2: la prótesis sola

Con la prótesis sola, el volumen muestra los marcadores con gran nitidez y sin interferencias anatómicas. Se realiza con el **mismo equipo** y, siempre que sea posible, con la **misma resolución** (voxel) que el escaneo 1.

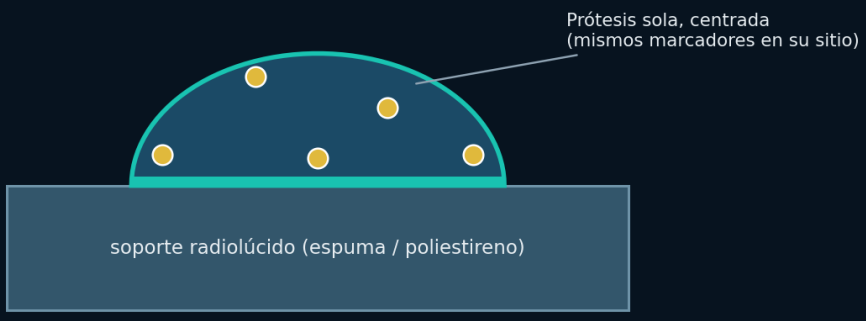


Fig. 6. Prótesis sobre soporte radiolúcido, centrada en el campo de visión.

- Colocar la prótesis sobre un **soporte radiolúcido** (espuma, poliestireno) en la posición habitual de la cabeza, centrada en el FOV.
- Usar la **misma orientación** que en el escaneo 1: facilita identificar los marcadores.
- No añadir objetos metálicos ni materiales densos junto a la prótesis.
- Comprobar que todos los marcadores son visibles y que la superficie de la prótesis no tiene artefactos.
- Exportar ambos volúmenes en **DICOM**, nombrados de forma clara (ej.: PACIENTE_escaneo1, PACIENTE_prótesis).

7. Alineado y verificación en el software

- **Importar** ambos volúmenes (DICOM) al software de planificación.
- **Segmentar o identificar** los marcadores en cada volumen, con un umbral que los separe del acrílico y los tejidos.
- **Registro por puntos:** emparejar cada marcador del escaneo 2 con su equivalente en el escaneo 1 (siguiendo la numeración fotografiada).
- Ejecutar el alineado y revisar el **error del ajuste** (RMS / distancia por marcador). Como referencia práctica, buscar valores por debajo de 0,3 mm; si algún marcador se desvía claramente, revisar su identificación o excluirlo y repetir.
- **Verificar visualmente:** la silueta de la prótesis del escaneo 2 debe coincidir con la del escaneo 1 en todas las vistas (axial, coronal, sagital). Revisar también las zonas lejanas a los marcadores.
- Si el resultado es aceptable, **planificar** los implantes sobre la prótesis ya alineada.

Problema	Causa probable	Solución
Error alto en el alineado	Marcador mal identificado o mal emparejado	Revisar la numeración; excluir el marcador dudoso
Prótesis "flota" sobre la mucosa	Asiento distinto en el escaneo 1 o prótesis no rebasada	Repetir escaneo con registro de mordida estable; rebasar
Artefactos que ocultan marcadores	Metales cercanos, marcadores muy grandes o movimiento	Usar gutapercha de 1-1,5 mm; retirar metales; repetir
Giro de la prótesis tras alinear	Marcadores colineales o coplanares	Reubicar marcadores a distintas alturas

8. Checklist del protocolo

Utilice esta lista antes de cada escaneo para evitar repetir pruebas.

Prótesis
[ ] Estética y oclusión aprobadas
[ ] Buen ajuste y estabilidad (rebasada si es necesario)
[ ] 6 marcadores, de 1-2 mm, sellados y pulidos
[ ] Marcadores no colineales ni coplanares, repartidos por toda la arcada
[ ] Posición de cada marcador numerada y fotografiada

Escaneo 1
[ ] Registro de mordida con silicona (RC, DVO planificada)
[ ] Plano de Frankfurt paralelo al suelo
[ ] Rodillos de algodón entre labios/mejillas y prótesis
[ ] Paciente inmóvil, sin metales
[ ] Voxel de 0,3 mm o menos; exposición revisada

Escaneo 2
[ ] Misma prótesis, sin modificar
[ ] Soporte radiolúcido, centrada en el FOV
[ ] Misma resolución y orientación
[ ] Todos los marcadores visibles

Software
[ ] DICOM A y B importados
[ ] Marcadores identificados y numerados
[ ] Alineado por puntos, error por debajo de 0,3 mm
[ ] Verificación visual en los tres planos

Este protocolo es orientativo. Ajuste los valores (voxel, FOV, error admisible) a las especificaciones de su equipo CBCT y de su software de planificación.