

4

Material y métodos

4.MATERIAL Y MÉTODOS.

4.1.MATERIAL.

4.1.1.Máquina CEREC-2.

En este trabajo hemos utilizado el CEREC 2 (Siemens A.G.- Sirona Dental Systems, GmbH&Co. KG. Bensheim, Alemania).

Se han utilizado fresas diamantadas de 1.2 mm de diámetro (CEREC® Cylinder Diamond Ø 1.2 mm), que se cambiaron cada 10 coronas. Los discos de diamante (CEREC® Diamond Discs E-Motor) se cambiaron cada 20 coronas.

4.1.2.Software.

El sistema CEREC evoluciona constantemente en sus elementos, y muy especialmente en el apartado del *software*, que ha permitido tanto en el CEREC 1 como en el CEREC 2 y el CEREC 3 facilitar el trabajo del clínico y aumentar las posibilidades técnicas del sistema.

En este trabajo, para el diseño de las coronas realizadas directamente por el CEREC, nosotros hemos empleado el *software* para coronas CROWN 1.11/CS (Sirona Dental Systems, GmbH & Co. KG. Bensheim, Alemania), que permite realizar coronas tanto del grupo incisivo o dientes anteriores como del sector lateral o dientes posteriores.

Para la realización de las coronas con núcleo de In-ceram Spinell, sobre las que hemos sinterizado cerámica Vitadur Alpha (Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG. Bad Säckingen, Alemania), se ha utilizado el *software* CROWN CAP-CROWN 1.0/LS (Sirona Dental Systems, GmbH&Co. KG. Bensheim, Alemania).



Figura 20.
Bloques de cerámica Vitablocs Mark II.



Figura 21.
Bloque de cerámica Vitablocs Mark II y corona incisal tallada.

4.1.3. CEREC® 2 VITABLOCS® MARK II⁽⁴⁵⁾.

La cerámica CEREC® 2 VITABLOCS® MARK II (Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG. Bad Säckingen, Alemania) es la segunda generación de cerámica CEREC VITABLOCS. Introducida en primavera del 1991, mejora las características de fuerza y desgaste de los CEREC VITABLOCS Mark I. Son bloques de cerámica feldespática enriquecida con óxido de aluminio. Esta cerámica es sinterizada a temperaturas entre 1100 y 1250°C al vacío. La microestructura consiste en partículas finas de cristal (4µm de tamaño medio), que no se han disuelto en el vidrio fundido durante la cocción, homogéneamente incrustadas dentro de una matriz vítrea de feldespato⁽⁴⁶⁾. Esta cerámica tiene el comportamiento de abrasión del esmalte dental natural.

La composición química de los CEREC VITABLOCS Mark II es la siguiente: SiO₂ (60-64%), Al₂O₃ (20-23%), Na₂O (7-9%), K₂O (6-8%), CaO (0.3-0.6%), TiO₂ (0-0.01%)⁽⁴⁶⁾.

Este material presenta las siguientes propiedades físicas:

PROPIEDADES	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR
1.Densidad teórica.	g/cm ³	2.46 ± 0.01
2.Índice de refracción.	-----	1.501 ± 0.001
3.Coeficiente de expansión térmica (α _{20-300°C}).	10 ⁻⁶ K ⁻¹	8.8 ± 0.2
4.Módulo de elasticidad.	GPa	63 ± 0.5
5.Prueba de dureza de Knoop HK 0.2/30-	-----	521 ± 8
6.Densidad de volumen.	g/cm ³	2.37 ± 0.004

7.Resistencia de flexión.	MPa	154 ± 12
8.Tenacidad de fractura (K_{IC}).	MPa m ^{1/2}	1.21 ± 0.04
9.Resistencia de compresión.	MPa	757 ± 149

Se presenta en los colores VITA (VITAPAN *classical*) A1C, A2C, A3C, A3.5C, B3C, y en los tamaños I8-I14, V5-12. Desde 1998 también disponemos de los bloques de cerámica en los colores de la guía VITAPAN 3D-MASTER 1M1C, 1M2C, 2M2C, 2M3C, 3M2C y 4M2C, además de una línea estética, especial para dientes anteriores, con mayor translucidez: EL-1M1C, en los tamaños V7, K12 y K14.

Para este estudio se utilizaron 40 bloques de cerámica Cerec 2 Vitablocks Mark II del color A2C/I-10.

4.1.4.CEREC® 2 VITABLOCS® SPINELL⁽⁴⁵⁾.

Los CEREC® 2 VITABLOCS® SPINELL (Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG. Bad Säckingen, Alemania) son bloques de Spinell sinterizados porosos para elaborar, una vez tallados con el sistema CEREC, estructuras de dientes anteriores de cerámica sin metal de gran dureza y translucidez, según la técnica In-ceram⁽⁴⁷⁾.

Es una cerámica de óxido de aluminio-magnesio⁽⁴¹⁾ ($MgAl_2O_4$), y su composición en peso es: MgO (28%) y Al_2O_3 (72%). Esta cerámica se infiltra con vidrio, cuya composición en peso es: SiO_2 (14-18%), Al_2O_3 (12-17%), B_2O_3 (10-12%), TiO_2 (5-7%), La_2O_3 (29-35%), Y_2O_3 (10-15%), BiO_2 (4-5%), MgO (2-3%), y pigmentos óxidos (<2%)⁽⁴⁵⁾.

Las propiedades físicas de los Cerec 2 Vitablocs Spinell CS-11 son:

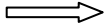

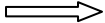
PROPIEDADES	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR
1.Densidad de Spinell infiltrado.	g/cm ³	3.56 ± 0.02
2.Fase Spinell/Fase vidrio.	% en peso	≈23
3.Tamaño de las partículas de Spinell d ₁₀ -d ₉₀ .	μm	2.5-4.0
4.Resistencia de flexión (de acuerdo con ISO 6872, 0.5 mm/min).	MPa	300 ± 70
5.Resistencia de flexión (1.2x4x15mm <i>bending bars</i> , superficie preparada por la máquina CEREC, 0.5mm/min).	MPa	350 ± 40

Para este estudio se utilizaron 5 bloques de cerámica Cerec 2 Vitablocs Spinell CS-11 10 para cerámica In-Ceram® de Vita.

Una vez elaborado el núcleo, se comprueba la adaptación del mismo sobre el modelo de yeso; se corrige el contorno y se comprueba el grosor del material (mínimo 0.5 mm. a nivel circunferencial, 0.7 mm. a nivel oclusal). Esto se realiza con diamantes de grano fino a baja velocidad.

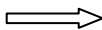

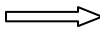
En este momento debe realizarse el secado de la cofia, en el mismo horno, para eliminar la humedad de la misma.

Secado en el Vita Vacumat®:

PRESECADO °C			Temp. °C		VACIO
600	3.00	3.00	700	5.00	-

En el caso de que sea necesario hacer alguna corrección del margen, se aplica Vita In-ceram Spinell Optimizer® (Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG. Bad Säckingen, Alemania) para que el margen quede muy bien adaptado. A continuación se lleva a cabo la colocación del polvo de vidrio In-ceram Spinell para proceder a la infiltración. El polvo de vidrio se mezcla con agua destilada y se aplica con un pincel sobre la superficie externa de la cofia. La cantidad de vidrio necesaria se corresponde aproximadamente al 55% en peso de la cofia. En este momento se coloca en el horno para realizar la infiltración del núcleo.

Infiltración de vidrio en el Vita Vacumat®:

PRESECADO °C			Temp. °C		VACIO
600	4.00	12.00	1130	20.00	21.00

A continuación, la cofia esta lista para la aplicación de la cerámica VITADUR ALPHA (Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG. Bad Säckingen, Alemania).

4.1.5. ProCAD®⁽⁴⁸⁾.

La cerámica ProCAD® (Professional Computer Assisted Design) (Ivoclar-Vivadent Aktiengesellschaft, Bändererstrasse 2, FL-9494 Schaan, Liechtenstein) para el CEREC 2, es un nuevo material de cerámica dental reforzado con leucita.

Los bloques de cerámica ProCAD están fabricados de un material vitrocerámico con la siguiente composición: SiO₂ (59-63% en peso), Al₂O₃ (16-21% en peso), K₂O (10.0-14.0% en peso), Na₂O (3.5-6.5% en peso), CaO (0.5-2.5% en peso). Otros componentes adicionales son pequeñas

cantidades de B_2O_3 (0.0-1.0% en peso), BaO (0.0-1.5% en peso), CeO_2 (0.0-1.0% en peso), TiO_2 (0.0-0.5% en peso) y pigmentos (0.2-1.0% en peso).

Las propiedades físicas de la cerámica ProCAD, probadas de acuerdo con los estándares ISO 6872 (cerámica dental) y ISO 9693 (cerámica dental sobre metal), son⁽⁴⁹⁾:

Resistencia de flexión	140 MPa
Solubilidad química	<100 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$
Coefficiente de expansión térmica (25-500°)	17.00 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot\text{K}$
Temperatura de transformación	625 °C

La cerámica ProCAD se presenta en los tamaños I8-I14 y V5-12, y en los matices de Chromascop® 100-500 (Ivoclar-Vivadent Aktiengesellschaft, Bendererstrasse 2, FL-9494 Schaan, Liechtenstein).

Se utilizaron 40 bloques de cerámica ProCAD 200/I-10.

4.1.6. Solución de ácido fluorhídrico al 5%.

Se preparó una solución de ácido fluorhídrico al 5% a partir de ácido fluorhídrico químicamente puro al 40%.

Esta solución se aplicó a las coronas realizadas con la cerámica VITABLOCS® MARK II y ProCAD®, y a las coronas 3M™ Block EXM 260, durante un minuto.

4.1.7. Pulido de las coronas.

La superficie externa de las coronas realizadas con el CEREC 2 debe ser pulida antes de colocarse en boca. Para este procedimiento, en clínica,

utilizamos diamantes de pulir, discos, copas de goma y pasta de diamante. Con ello se obtiene un buen acabado de la superficie cerámica^(50,51).

4.1.7.1.Fresas de diamante Komet® (GEBR. BRASSELER GMBH & Co. KG, D-4920 Lemgo, Alemania).

Para este trabajo se han utilizado las fresas de diamante 8847-0'16 y las 862EF-0'12.

Sólo se han empleado en las coronas de cerámica VITABLOCS® Mark II y ProCAD®.

4.1.7.2.Discos de pulir Sof-Lex® (3M ESPE. 3M España, S.A. Juan Ignacio Luca de Tena, 19-25, 28027 Madrid).

Para el pulido de la superficie de las coronas, se han utilizado los discos: el 2382C de grano grueso, el 2382M de grano mediano, el 2382F de grano fino, y el 2382SF de grano superfino. Cada disco se empleó sólo en el pulido de una corona.

Para el pulido de las coronas de cerámica VITABLOCS® Mark II y ProCAD® se han empleado solamente los discos 2382C y 2382M.

Para el pulido de las coronas de 3M™ Block EXM 260, se han utilizado los discos 2382C, 2383M, 2382F y 2382SF.

4.1.7.3.Copas de pulir cerámica Shofu® (Porcelain Adjustment Kit®. Shofu Inc. Kyoto 60-0983, Japón).

De todo el surtido de pulido hemos empleado sólo dos copas: la punta Ceramiste Estándar , de pulido preliminar, y la punta de pulir Ultra (banda amarilla).

Sólo se han empleado en las coronas de cerámica VITABLOCS® Mark II y ProCAD®.

4.1.7.4.Juego para pulir de diamante Karat VITA® (Vita Zahnfabrik. H.Rauter GmbH&Co. KG.D-7880 Bad Säckingen, Alemania).

Sólo se han empleado en las coronas de cerámica VITABLOCS® Mark II y ProCAD®.

4.1.7.5. Paste Shiny C-Enamel Plus Shiny® (GDF GmbH, Rosbach, Germany).

Pasta de óxido de aluminio para pulir composite. Se aplica con el Shiny F® Felt wheels (GDF GmbH, Rosbach, Germany), que es un fieltro para dar brillo.

Hemos utilizado esta pasta para el pulido final de las coronas de 3M™ Block EXM 260 (3M).

4.1.8. Glaseado.

Para el glaseado de la cerámica se ha utilizado el Vita Shading paste® (Vita Zahnfabrik. H.Rauter GmbH&Co. KG.D-7880 Bad Säckingen, Alemania) para las coronas realizadas con cerámica CEREC 2 VITABLOCS® Mark II, y el ProCAD Shade/Stains Kit® (Ivoclar-Vivadent Aktiengesellschaft, Bändererstrasse 2, FL-9494 Schaan, Liechtenstein) para las coronas realizadas con cerámica ProCAD.

Antes de iniciar este proceso, todas las coronas que debían ser glaseadas, fueron lavadas con vapor de agua (Vaporget®, Sudent).

4.1.8.1. VITA Shading paste®.

El surtido Vita Shading paste presenta unos colores fluorescentes en pasta (8 colores: blanco o SP 01, naranja o SP 02, ocre o SP 03, caqui o SP 04, aceituna o SP 05, marrón medio o SP 06, marrón rojizo o SP 07, malva o SP 08, y glaseado o SP 15), listos para su utilización y de grano muy fino, especialmente indicados para individualizar las superficies de las cerámicas pulidas (CEREC, CELAY). Estas se pueden mezclar para conseguir los efectos de color individualizados.

Se caracterizaron con los distintos colores las coronas que debían ser glaseadas, para diferenciarlas del tratamiento que habían recibido.

La aplicación de los colores y su cocción sobre las coronas VITA se realizó siguiendo las instrucciones del fabricante.

Cocción de los colores en Vita Vacumat®:

PRESECADO °C	→	↗	↗ °C/MIN	TEMPERATUR A APROXIMADA EN °C	→	CET
600	6.0	4.0	83	930	1.0	0.0

Finalmente se aplicó una capa de glaseado.

Cocción de glaseado con glaze en Vita Vacumat®:

PRESECADO °C	→	↗	↗ °C/min	TEMPERATUR A APROXIMADA EN °C	→	CET
600	6.0	4.0	53	950	1.0	0.0

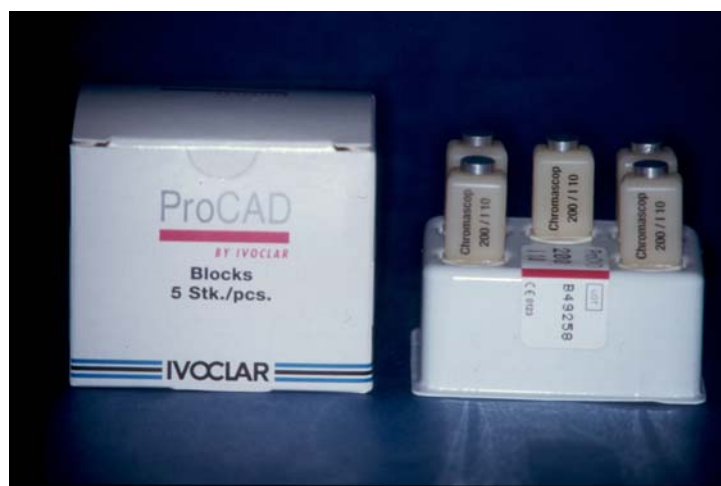


Figura 22.

Bloques de cerámica ProCAD.



Figura 23.

Bloque de cerámica ProCAD y corona incisal tallada.

4.1.8.2. ProCAD Shade/Stains Kit®.

El surtido ProCAD Shade paste se presenta en tubos de pasta con 5 matices para intensificar el color de la corona dentro de una gama (100, 200, 300, 400, 500), 5 colores o maquillajes (blanco, marrón claro, marrón cobrizo, naranja, azul), y la pasta de glaseado. Con todo esto podrá mejorar la apariencia estética de nuestra restauración.

Cocción de los colores en el Programat P80®:

PROGRAMA	B	T	S	H	T	V ₁	V ₂
07	400°C	60°C	4 min.	2 min.	780°C	420°C	779°C

Cocción de glaseado en el Programat P80®:

PROGRAMA	B	T	S	H	T	V ₁	V ₂
07	400°C	60°C	4 min.	2 min.	780°C	420°C	779°C

4.1.9. Cerámica VITADUR® ALPHA (VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG Bad Säckingen, Alemania).

Con esta cerámica se recubre el núcleo de In-ceram Spinell una vez ha sido infiltrado con vidrio.

Es una cerámica sin metal para revestir estructuras cerámicas mediante la técnica de sinterización.

Su composición química es: SiO₂ (66-70%), Al₂O₃ (11-14%), Na₂O (3-4%), K₂O (7-9%), CaO (1-2%), TiO₂ (<0.1%), B₂O₃ (4-5%).

Propiedades físicas:

Resistencia de flexión.	84 MPa
Punto de fusión-ablandamiento.	ca.695°C
Solubilidad química. Dentina; ISO9693	11.9 µg/cm ²
Coefficiente de expansión térmica. (25-600°) Dentina	6.2-6.7 10 ⁻⁶ x K ⁻¹
Tamaño medio de la partícula. Dentina	16.6 µm(d ₅₀)
Temperatura de transformación. Dentina	ca.630 °C
Densidad.	2.3 g/cm ³

Las temperaturas de cocción en el Vita Vacumat®:

	PRESECADO °C	→	↗	TEMPERATUR A APROXIMADA EN °C	→	VACIO
Dentina	600	6.00	6.00	960	1.00	6.00
Corrección	600	6.00	6.00	950	1.00	6.00
VitaChrom Delta fluid	600	4.00	3.00	940	1.00	-----
Glaze 740	600	4.00	3.00	920	1.00	-----

4.1.10. Cerámica OPTEC-HSP (Jeneric®/Pentron® Incorporated, 53 North Plains Industrial Road, P.O. Box 724, Wallingford, USA)⁽¹⁶⁾.

La cerámica Optec HSP es una cerámica feldespática reforzada con leucita, que se condensa y sinteriza como la cerámica de óxido de aluminio y la cerámica feldespática tradicional. La fabricación se realiza sobre muñones refractarios. Debido a que el núcleo sólo es medianamente opaco, esta cerámica es más transparente que las coronas con núcleo de óxido de aluminio o con núcleo de vidrio/óxido de aluminio. El enriquecimiento con cristales de leucita hacen que Optec HSP sea más estable y tenga un módulo de elasticidad mayor que el de la cerámica convencional. La resistencia a la flexión se encuentra entre 110 y 150 MPa.

Características físicas⁽⁵²⁾ de la cerámica OPTEC:

Fuerza Transversal (T)	104 MPa
Módulo de Elasticidad (E)	63 GPa
Dureza Vickers (VHN)	703 Kg/mm ²

La cerámica reforzada con leucita se contrae después de la condensación y el sinterizado durante la cocción. Debido a esto, el ajuste de esta corona no es tan bueno como el de las coronas de metal-cerámica. Optec HSP contiene una mayor concentración de cristales de leucita que de cerámica feldespática. La opacidad que producen los cristales de leucita no hace necesario utilizar una cerámica para el núcleo. Antes del cementado, se chorrea la restauración para conseguir una unión mejor con el cemento de resina. La capa externa es de cerámica convencional, de manera que esta zona tiene una menor resistencia a la fractura que el núcleo reforzado con leucita.

Se utiliza para coronas y carillas en dientes anteriores, y para *inlays*, *onlays* y coronas en dientes posteriores sometidos a poca carga.

El ajuste de la oclusión se realiza bajo irrigación con agua, con diamantes de grano fino o piedras con superficies lisas, y el pulido definitivo lo hacemos con discos o copas de goma y a continuación con copas de fieltro y pasta de pulir de diamante.

Tiempos de cocción, según el fabricante, de la cerámica OPTEC⁽⁵³⁾:

	Tiempo de secado min.	Temp. Inicial °C	Nivel de vacío	Temp. inicio vacío °C	Vel. subida °C/min.	Temp. libera. De vacío °C	Temp. Final °C	Tiempo manten. de vacío min.	Tiempo manten. de vacío min.	Tiempo de enfria. °C
Desgas. horno cerám.	0	650°	MAX.	650°	55°	1050	1050	0	4 min.	0
1ª cocc.	7	538°	MAX.	538°	55°	950°	950°	0	1 min.	0
2ª cocc.	7	538°	MAX.	538°	55°	960°	960°	0	1 min.	0
3ª cocc.	7	538°	MAX.	538°	55°	970°	970°	0	1 min.	0
4ª cocc.	7	538°	MAX.	538°	55°	980°	980°	0	1 min.	0
5ª cocc.	7	538°	MAX.	538°	55°	990°	990°	0	1 min.	0
6ª cocc.	7	538°	MAX.	538°	55°	990°	990°	0	1 min.	0
Glasea.	7	538°	-----	538°	55°	-----	1000	0	1 min.	0

4.1.11. Cerámica IPSd.SIGN® (Ivoclar-Vivadent Aktiengesellschaft, Bänderstrasse 2, FL-9494 Schaan, Liechtenstein)⁽⁵⁴⁾.

Es una vitrocerámica en base a fluorapatita, que contiene iones de flúor, proporcionándole una elevada resistencia química.

La estructura superficial de IPSd.SIGN presenta una excelente capacidad de pulido, produciendo una menor abrasión del antagonista.

La composición química de la masa cerámica de IPSd.SIGN es: SiO₂ (50-65% en peso), Al₂O₃ (8-20%), K₂O (7-13%), Na₂O (4-12%), CaO (0,2-6,0%), P₂O₅ (0,2-5,0%), F (0,1-3,0%), aditivos: SrO, B₂O₃, Li₂O, CeO₂, BaO, ZnO, TiO₂, ZrO₂ y pigmentos (0,0-3,0% en peso).

El opaquer en pasta, los maquillajes y las pastas de glaseado contienen además entre un 25 y un 40% en peso de glicol.

El líquido opaquer contiene un polímero, butilenglicol y glicerina.

El líquido de modelar está compuesto por agua, butilenglicol y aditivos. El líquido de modelar para el margen contiene agua y derivado de celulosa.

El líquido de glaseado y maquillaje contiene butilenglicol.

Tiempos de cocción para el horno Ivoclar P80, P100 y PX1:

	T	B	S	T ↗	H	V ₁	V ₂
Opaquer	900°C	403°C	6 min.	60°C	1 min.	450°C	899°C
Masa de hombro	890°C	430°C	6 min.	60°C	1 min.	450°C	889°C
Dentina Incisal	870°C	403°C	4-6 min.	60°C	1 min.	450°C	869°C
Glaseado	870°C	430°C	4 min.	60°C	1-2 min.	450°C	829°C

Las características físicas de la cerámica ^{IPS}d.SIGN las podemos ver en el siguiente cuadro:

Prueba de flexión biaxial ISO 9693 e ISO 6872	104±12 MPa
Resistencia a la flexión en tres puntos según ISO 6872	101±15 MPa
Tenacidad	1.11±0.14 MPa m ^{0,5}
Solubilidad ISO 9693 Solubilidad ISO 6872	3.8-8.9 µg/cm ² Pérdida de un 0.02% en peso

4.1.12. Porcelana Jacket Vivodent-PE⁽⁵⁵⁾ (Ivoclar Aktiengesellschaft, Bendererstrasse 2, FL-9494 Schaan, Liechtenstein).

La elaboración de las capas de la corona Jacket-PE se compone esencialmente de la masa del núcleo con un grosor entre 0.3 y 0.4 mm, la dentina y la masa incisal. La masa del núcleo tiene unas cualidades de resistencia especiales y, en gran parte, hacen la función de soporte de la corona. Es una cerámica de grano medio a fino, entre 10 – 80 μm .

Se presenta en 8 masas de núcleo JP, 15 masas de dentina JP, 5 masas incisales JP y una masa transparente JP neutra. Sigue los colores de la guía de colores Vivodent-PE.

La resistencia de las masas del núcleo, dentina e incisales es muy elevada, sobrepasando los valores de resistencia a la presión y a la tracción a los de las cerámicas convencionales.

Se trata de una corona de núcleo de alúmina convencional y cerámica de alta fusión.

Tiempos de cocción de la Porcelana Jacket Vivodent-PE:

	Temp. prep.	Secado y precalent.	Tiempo de cocción tot.	Tiempo de cocc. vacío	Temp. De cocción	Aumento escalo. de t°.
Núcleo	700°C	2 min./2 min.	7 min.	6 min.	1060°C	55-60°C/min.
Dentina	700°C	4 min./2 min.	7 min.	6 min.	1040°C	55-60°C/min.
Glaseado	700°C	2 min./2 min.	7 min.	-----	1060°C	55-60°C/min.
Glaseado +Masa In	700°C	-----	-----	-----	960°C	-----

Como propiedades físicas encontradas en la literatura, sólo tenemos el coeficiente de expansión térmica con un valor de $7.5-8.0 \times 10^{-6}$. La resistencia a la compresión no ha sido estudiada.

4.1.13.3MTM Polymer Ceramic Block (EXM 260)⁽⁵⁶⁾(3M ESPE. St Paul, MN. 55144-1000, U.S.A.).

La empresa 3M España nos proporcionó 28 bloques del polímero de cerámica EXM 260, que en la actualidad está comercializado exclusivamente en los Estados Unidos con el nombre de 3M ParadigmTM, para poder incluir este novedoso material en nuestro estudio. Los bloques EXM 260 utilizados para el estudio fueron: veinte bloques A1/10, cuatro bloques A3/10 y cuatro bloques A3.5/10.

El 3MTM ParadigmTM MZ100 Block para CEREC es un bloque mecanizable fuerte, resistente al desgaste y estético que proporciona, de forma rápida y sencilla, una alternativa a las restauraciones cerámicas de CEREC. El 3MTM ParadigmTM MZ100 se ha fabricado a partir del material de restauración Z100 de 3MTM, procesado bajo condiciones óptimas que aseguran un curado completo y un alto grado de entrecruzamiento. Este proceso contribuye a las excelentes propiedades físicas y rendimiento clínico. Los bloques de ParadigmTM MZ100 están diseñados para utilizar en el sistema CEREC, y para ello están montados sobre un mandril. Es un material radiopaco. Las restauraciones se adhieren a la estructura dental con un cemento de resina.

El bloque de material ParadigmTM MZ100 contiene el 85% en peso de partículas de cerámica ultrafina de circonio y sílice, que refuerzan una matriz de polímero altamente entrelazado. La matriz del polímero está formada por bis-GMA (Bisfenol A-diglicidil éter dimetacrilato) y TEGDMA (Trietilenglicol dimetacrilato), y emplea un sistema iniciador ternario patentado.

El relleno de partículas ultrafinas de circonio y sílice está sintetizado por un proceso sol-gel patentado, dando como resultado una única estructura de circonio nanocristalino dispersado en sílice amorfa. Estas partículas tienen una configuración esférica, con un tamaño promedio de 0.6 micrómetros. Esto contrasta altamente con los rellenos de vidrio de los composites híbridos convencionales. Este relleno confiere a este material radiopacidad, resistencia al desgaste y fuerza.

Estos componentes de polímero y relleno dan como resultado un composite resistente-elástico con una excelente fuerza y desgaste, ideado para *inlays*, *onlays*, carillas y coronas.

Las propiedades físicas del EXM 260 (valores extrapolados de gráficas) podemos verlas en el siguiente cuadro:

Resistencia de flexión (MPa)	146±32
Módulo de flexión (GPa)	13.0
Módulo de Young	4.87±0.43
Tenacidad de fractura (MPa·m ^{1/2})	1.33±0.48
Resistencia a la compresión (MPa)	530±37
Resistencia a la tensión diametral (MPa)	114±31
Desgaste (<i>3-body wear on ACTA Device</i>) (micras/10K ciclos)	0.37±0.12

El ParadigmTM MZ100 se presenta en bloques cilíndricos de dos tamaños, 10 y 14, que tienen su correspondencia con las medidas de CEREC: el tamaño 10 de 3M se corresponde a I8 y I10 de CEREC, el tamaño 14 de 3M se corresponde a I12, I14, V5-12, V7 y K14 de CEREC.

Se presenta con un color esmalte, que es muy translúcido, y los colores según la guía VITA A1, A2, A3, A3.5 y B3.



Figura 24.

Bloques de 3M Block EXM 260.



Figura 25.

Bloque de 3M Block EXM 260 y corona incisal tallada.



Figura 26.

Horno de cerámica PROGRAMAT P90® utilizado en el estudio.

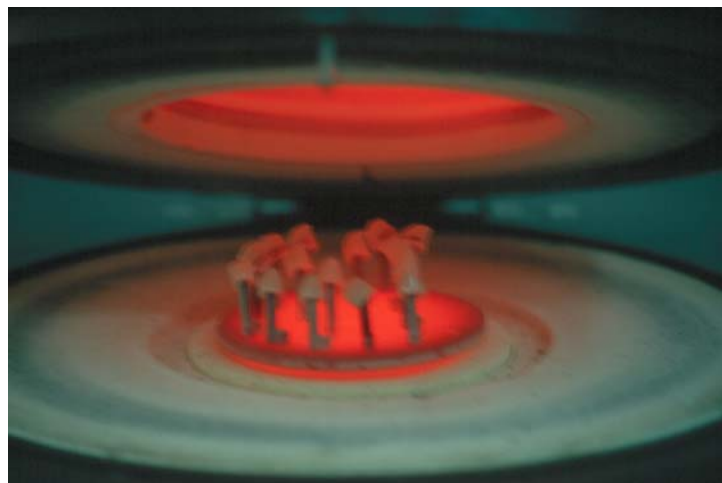


Figura 27.

Detalle del horno en el momento de su apertura con muestras glaseadas.

4.1.14.Horno de cerámica PROGRAMAT P90® (IVOCLAR Aktiengesellschaft, Bendererstrasse 2, FL-9494 Schaan, Liechtenstein).

Todas las temperaturas que vienen indicadas en los cuadros de cocción de las distintas casas comerciales, han sido adaptadas a este horno de cerámica.

4.2.METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.

4.2.1.Diseño y fabricación con el CEREC 2 de la corona incisal utilizada en este estudio.

A partir de un modelo real de yeso de una corona incisal⁽²⁾ en el diente 43 (canino inferior derecho), se realizó el diseño y construcción de las coronas para este estudio.

Con la cámara óptica del CEREC 2, tomamos la impresión del muñón tallado, que previamente ha sido espolvoreado con óxido de titanio.

Cuando tenemos la imagen en la pantalla del CEREC 2, y ésta nos parece correcta, con el pedal de la máquina congelamos la imagen, y le indicamos al ordenador que la imagen es correcta. A partir de este momento, el ajuste de la imagen en las tres dimensiones del espacio se realiza automáticamente. Nosotros observamos el barrido de la pantalla y el gradiente de grises (blanco es lo más elevado y negro es lo más profundo). En este momento nosotros iniciamos el diseño⁽⁵⁷⁾ de la preparación con el *software* CROWN 1.11:

1. Diseño de la línea del fondo cavitario (*bottom line*), que en este caso es el del contorno del margen de la corona.
2. Diseño de las líneas de los dientes vecinos, mesial y distal (se dibuja el contorno de estos dientes). Estas líneas sirven para

marcar puntos de referencia en el momento del diseño de la restauración.

3. Automáticamente, en la pantalla nos aparece la línea del borde incisal (*Cutting edge*), que nos da la orientación del eje mesio-distal del diente, que corregiremos en caso necesario. Junto a ella hay unos iconos en los extremos mesial y distal de la línea, sobre los dientes vecinos. Estos nos indican la altura a la que el ordenador ha colocado la cresta marginal de la restauración en referencia a los dientes vecinos. Esta altura también se puede corregir.
4. En este punto, el ordenador diseña el punto de contacto. En este caso concreto, de dientes anteriores, esta línea no presenta contacto con los dientes vecinos (no así en los dientes del grupo posterior). Además remodelaremos la línea de forma que sea más baja en vestibular y lingual, y algo más elevada en las zonas proximales (ligera ondulación). Esto lo hacemos abriendo el icono de proyección.



Figura 28.

Fotografía del caso real sobre el que se ha basado este estudio.

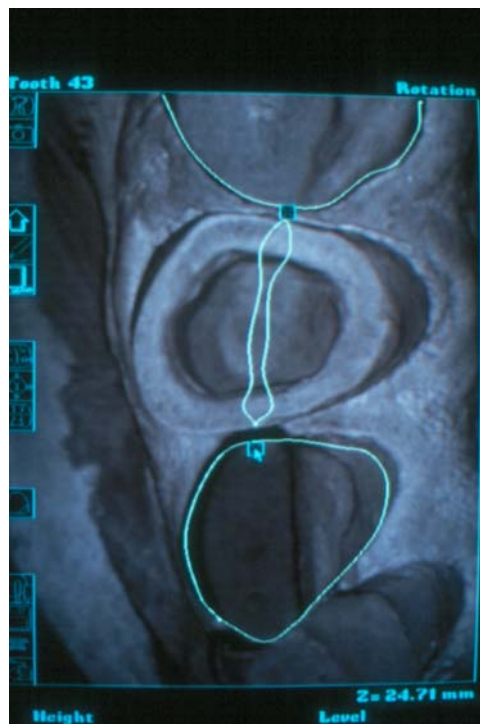


Figura 29.

Diseño de la línea labiolingual en la pantalla del CEREC 2.

5. A continuación, aparece la línea labiolingual. Esta sí que debe contactar con los dientes vecinos. La diseñaremos con la misma ondulación que la línea de punto de contacto.
6. Finalmente, antes de guardar el diseño realizado, comprobaremos el aspecto de la corona abriendo la ventana de sección (*Cross-section*). En ella verificaremos el diseño en volumen, en diversas secciones de corte de la restauración.

La restauración se guarda en el disquete, y ya podemos iniciar el tallado de la misma.

4.2.2. Preparación de las coronas realizadas con Vitablocs® Mark II.

El tiempo estimado por el CEREC 2 para la realización de cada corona, con la cerámica Vitablocs® Mark II, fue de 9'38", variando el tiempo real entre 8'54" y 9'49".

Una vez fresados los 40 bloques de cerámica Vitablocs® Mark II con el CEREC 2, para obtener las coronas que se utilizaron para este estudio, se distribuyeron aleatoriamente en grupos de 5 muestras cada uno, de la siguiente forma:

- **Grupo A1:** Corona cerámica Vita control.
- **Grupo A2:** Corona cerámica Vita + Grabado con ácido fluorhídrico al 5% durante un minuto.
- **Grupo A3:** Corona cerámica Vita + Pulido en clínica.
- **Grupo A4:** Corona cerámica Vita + Grabado con ácido fluorhídrico al 5% durante un minuto + Pulido en clínica.
- **Grupo A5:** Corona cerámica Vita + Color SP 04 y Glaseado en laboratorio.

- **Grupo A6:** Corona cerámica Vita + Grabado con ácido fluorhídrico al 5% durante un minuto + Color SP 07 y Glaseado en laboratorio.
- **Grupo A7:** Corona cerámica Vita + Pulido en clínica + Color SP 08 y Glaseado en laboratorio.
- **Grupo A8:** Corona cerámica Vita + Grabado con ácido fluorhídrico al 5% durante un minuto + Pulido en clínica + Color SP 02 y Glaseado en laboratorio.

4.2.3. Preparación de las coronas realizadas con ProCAD®.

El tiempo estimado por el CEREC 2 para la realización de cada corona, con la cerámica ProCAD®, fue de 9'38", variando el tiempo real entre 8'41" y 9'36".

Se tallaron 40 bloques de cerámica ProCAD, con el CEREC 2, para obtener 40 coronas que fueron distribuidas aleatoriamente en grupos de 5 muestras:

- **Grupo B1:** Corona cerámica ProCAD control.
- **Grupo B2:** Corona cerámica ProCAD + Grabado con ácido fluorhídrico al 5% durante un minuto.
- **Grupo B3:** Corona cerámica ProCAD + Pulido en clínica.
- **Grupo B4:** Corona cerámica ProCAD + Grabado con ácido fluorhídrico al 5% durante un minuto + Pulido en clínica.
- **Grupo B5:** Corona cerámica ProCAD + Color azul y Glaseado en laboratorio.

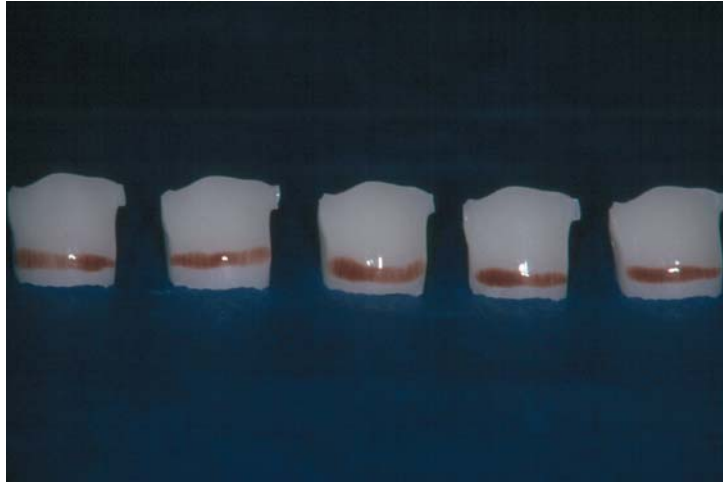


Figura 30.

Coronas del grupo A6 (cerámica Vita Grabada con FH y glaseada).



Figura 31.

Detalle de una corona del grupo A6.



Figura 32.
Las 40 coronas ProCAD talladas antes de ser distribuidas aleatoriamente.



Figura 33.
Corona ProCAD del grupo B1 (grupo control).

- **Grupo B6:** Corona cerámica ProCAD + Grabado con ácido fluorhídrico al 5% durante un minuto + Color marrón cobrizo y Glaseado en laboratorio.
- **Grupo B7:** Corona cerámica ProCAD + Pulido en clínica + Color blanco y Glaseado en laboratorio.
- **Grupo B8:** Corona cerámica ProCAD + Grabado con ácido fluorhídrico al 5% durante un minuto + Pulido en clínica + Color naranja y Glaseado en laboratorio.

4.2.4. Preparación de las coronas realizadas con Cerámica convencional.

Se elaboraron cuatro grupos de cerámica convencional con distintas técnicas:

4.2.4.1. Grupo C1: Corona cerámica In-Ceram con núcleo de Spinell (Vitablocs® Spinell) tallado con el CEREC.

El tiempo estimado por el CEREC 2, para tallar cada cofia de cerámica Vitablocs® Spinell, fue de 6'55".

Se tallaron 5 bloques de cerámica Vitablocks® Spinell, con el CEREC 2, para obtener las cofias o núcleos, con los que una vez vitrificados se confeccionaron 5 coronas cerámicas In-ceram.

Antes de tomar la impresión óptica, señalamos el modo CROWN CAP. Y una vez tomada la impresión óptica del modelo de trabajo, se diseñó con el programa CROWN CAP-CROWN 1.0/LS, la cofia de Spinell. Para ello se traza una línea (*Bottom line*) en lo que se corresponde al contorno de la preparación. Una vez trazada esta línea, la máquina CEREC 2 ya puede realizar el tallado del núcleo de Spinell.



Figura 34.
Bloque de Spinell y cofia.



Figura 35.
Cofias de Spinell.

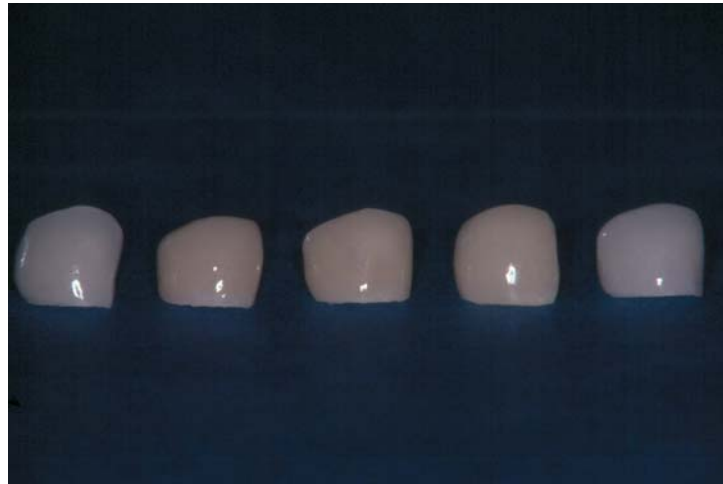


Figura 36.

Coronas con núcleo de Spinell y cerámica In-ceram (grupo C1).

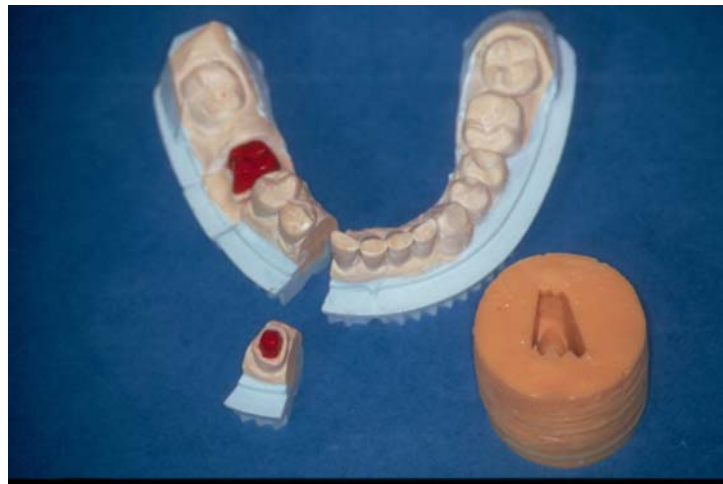


Figura 37.

Modelo y muñón preparado para ser reproducido en material refractario.



Figura 38.

Reproducción del muñón con material refractario para las coronas de los grupos C2, C3, C4.

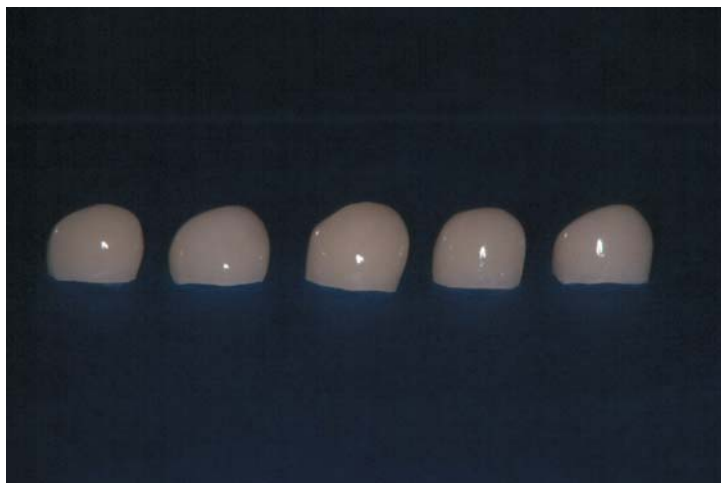


Figura 39.

Coronas incisales del grupo C3.

Una vez elaborado el núcleo, ya se puede realizar la infiltración del mismo. Una vez infiltrado, se realiza la aplicación de la cerámica VITADUR ALPHA®.

En el laboratorio se confeccionaron 15 coronas cerámicas con la técnica convencional sobre modelo refractario, con otras tres cerámicas distintas.

El muñón de la preparación del modelo maestro fue reproducido con una impresión de silicona múltiple, de forma que podemos reproducir diversas veces el muñón original al vaciarlo con material refractario (Begoform®, BEGO Bremer Goldschlägerei Wilh. Herbst GmbH & Co. Bremen, Alemania), necesario para poder realizar las coronas totalmente cerámicas.

Una vez elaborados los quince muñones de refractario, estos se dividieron en tres grupos de cinco, para elaborar coronas totalmente cerámicas con los tres tipos diferentes de cerámica.

4.2.4.2. Grupo C2: Corona cerámica convencional OPTEC-hsp.

4.2.4.3. Grupo C3: Corona Jacket Vivodent-PE.

4.2.4.4. Grupo C4: Corona de cerámica d-SIGN IPS.

4.2.5. Preparación de las coronas realizadas con 3M™ Block EXM 260 (3M Paradigm™).

El tiempo estimado de tallado del CEREC 2 para tallar cada corona de 3M™ Block EXM 260, fue de 9 minutos y 38 segundos, variando el tiempo real entre 8 minutos 24 segundos y 8 minutos y 57 segundos.

Se tallaron 28 bloques de 3M™ Block EXM 260, con el CEREC 2, para obtener 28 coronas, distribuyéndose cinco coronas del color A1, una del A3 y una del A3.5 en cada grupo, de manera que cada grupo tenía 7 coronas:

- **Grupo D1:** Corona de 3M™ Block EXM 260 control.
- **Grupo D2:** Corona de 3M™ Block EXM 260 grabada con ácido fluorhídrico al 5%.
- **Grupo D3:** Corona de 3M™ Block EXM 260 pulida en clínica.
- **Grupo D4:** Corona de 3M™ Block EXM 260 + Grabado con ácido fluorhídrico al 5% + Pulido en clínica.

4.2.6. Métodos de ensayo empleados.

Dada la geometría del material aportado para el estudio, fue necesario adaptar los ensayos normalizados para poder usar dichos materiales, ya que su geometría no permitía el empleo directo de la normativa de ensayos existente.

4.2.6.1. Ensayo mecánico de compresión.

Los ensayos mecánicos de compresión se han realizado en una máquina de ensayos *MTS-Bionix* con una célula de carga de 2.500 N a una velocidad de desplazamiento de mordaza de $1 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$.

La determinación de los valores solicitados se realizó a partir de los valores medidos de forma continua durante la realización del ensayo, y registrados mediante un sistema computerizado (*MTS testWorks*). Las piezas de cerámica se ensayaron aplicando una fuerza normal a su base de reposo.

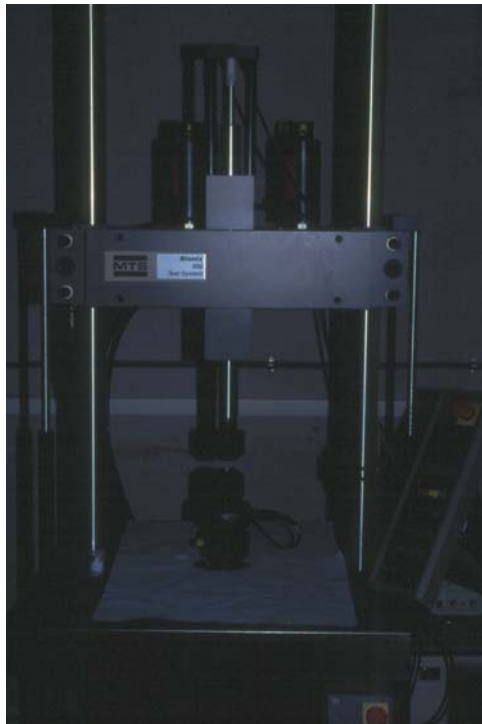


Figura 40.

Máquina de ensayos *MTS-Bionix*, para los estudios de compresión.

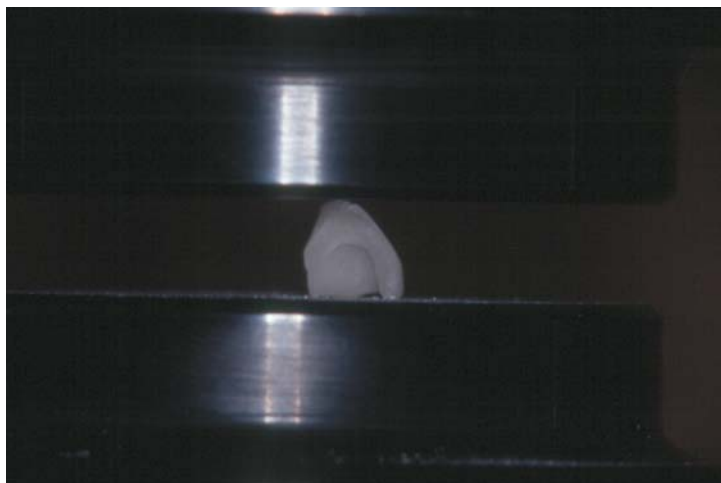


Figura 41.

Detalle de la máquina de ensayos *MTS-Bionix*, con una muestra después de la fractura.



Figura 42.

Microdurómetro Akashi, con un indentador piramidal Vickers de diamante.



Figura 43.

Aparato de desgaste *pin-on-disk*, para el estudio de desgaste abrasivo.

Las mordazas se alinearon perfectamente gracias a una rótula para que la compresión fuera pura y la desalineación no produjera tensiones de flexión.

4.2.6.2. Ensayo de dureza.

A partir de las muestras entregadas, tras su ensayo a compresión se extrajeron diversas probetas para su estudio. Dichas probetas se embebieron en baquelita para su preparación, mostrando una superficie de trabajo en un plano transversal respecto al eje de simetría de las muestras entregadas.

Se empleó una encastadora BUEHLER LTD. SPEED-PRESS. Con esta acción, no cabe esperar cambios netos en la microestructura debido a que las velocidades de enfriamiento son pequeñas.

Las probetas embebidas en baquelita fueron pulidas, primero con papel de carburo de silicio de tamaño de grano decreciente, y posteriormente con una suspensión de alúmina, hasta obtener una superficie lisa con una rugosidad media inferior a $0.1\mu\text{m}$. Estas acciones de pulido son necesarias para la eliminación de rayas y rugosidades que impedirían una visión clara de la microestructura.

Posteriormente se realizaron las mediciones de dureza, mediante un microdurómetro Akashi, con un indentador piramidal Vickers de diamante. Se aplicó una carga de 500 gramos y un tiempo de carga de 15 segundos.

4.2.6.3. Determinación de la rugosidad.

La rugosidad superficial de los dientes cerámicos jugará un papel muy importante respecto a la fricción y desgaste. Cuanta más rugosidad haya más fricción o desgaste se producirá. Por tanto, los dientes cerámicos deben tener un buen acabado superficial con el fin de mejorar su comportamiento.

Para los materiales estudiados se determinaron los valores de rugosidad Ra. El valor de rugosidad Ra se refiere a la media aritmética de las desviaciones del perfil. Se calculó a partir de la media de cinco mediciones en distintas zonas de los materiales. El valor de rugosidad Ry, en cambio, se refiere a la máxima altura de perfil.

Los valores se determinaron mediante un rugosímetro MITUTOYO SURFTEST SV-500 controlado mediante *software* SURFPACK v3.00. Los parámetros que controlan la determinación de los valores fueron para los materiales cerámicos estudiados los que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones de medición de la rugosidad para los alambres.

	MATERIAL CERÁMICO
LONGITUD DE MUESTRA (mm)	0.32
NÚMERO DE LECTURAS	22
LONGITUD DE ENSAYO (mm)	2.4
FILTRO DE COMPENSACIÓN	Inclinación total
PERFIL	R
FILTRO	Gaussiano, Con longitud de corte $\lambda_c = 0.25 \text{ mm}$

4.2.6.4. Ensayo de desgaste abrasivo.

El estudio de desgaste abrasivo se ha realizado mediante un aparato de desgaste *pin-on-disk*, contra un disco de polímero recubierto de carburo de silicio con un tamaño de grano de *grit* 240, y contra el que se produce el rozamiento de la muestra.

Los ensayos se realizaron a una velocidad lineal de desgaste baja ($v=0.3$ m/s) para simular en lo posible el sistema de desgaste usual en el trabajo de las piezas ensayadas. La carga aplicada fue de 5 n (0.49 kg). Debido a la dureza y tamaño de los granos de carburo de silicio empleados, las presiones puntuales sobre el material son muy elevadas, produciendo un desgaste casi totalmente abrasivo.

La medición del desgaste sufrido por la pieza se evaluó midiendo la pérdida de peso a diferentes tiempos de experimentación.

4.2.6.5. Microscopía electrónica de barrido.

La microscopía electrónica de barrido (MEB) se hizo imprescindible para la observación a aumentos suficientes de los materiales cerámicos. Esta técnica se basa en la formación de una imagen, fruto de la detección de electrones dispersados (retrodispersados o secundarios) al incidir un haz de electrones sobre la muestra a observar.

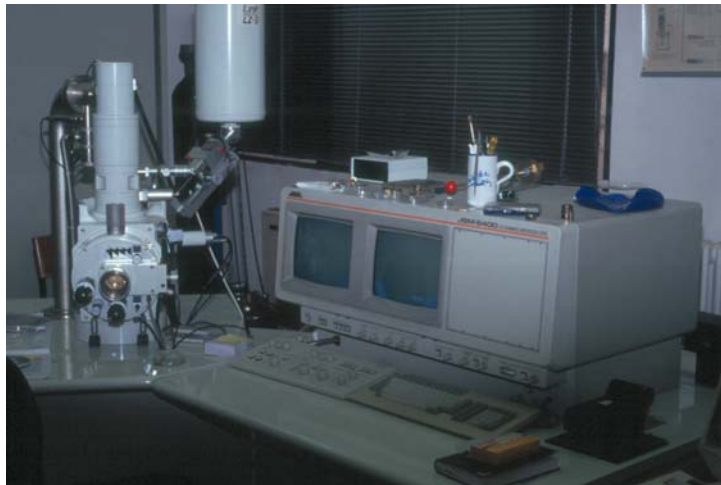


Figura 44.

Microscopio electrónico de barrido modelo JEOL-JSM 6400.



Figura 45.

Detalle de la metalización de las muestras para la observación en el microscopio.

No fue necesaria la preparación de muestras, solamente hizo falta una limpieza vigorosa en ultrasonidos y, mediante *sputtering*, recubrir las muestras con un baño de oro sobre las muestras encastadas a fin de conferir conductividad eléctrica a la superficie que ofrece la baquelita y la cerámica.

El equipo empleado fue un JEOL-JSM 6400. Se trabajó con un voltaje acelerador de electrones de 20 kV, y con aumentos comprendidos entre 150 y 3.300 aumentos. Se tomaron fotografías, y para ello se empleó una película con una sensibilidad 400 ASA.

4.2.6.6. Microanálisis de Energía Dispersiva de Rayos X.

Un espectro de energía dispersiva es resultante de la detección de la energía asociada a los rayos X producidos al incidir un haz de electrones sobre la muestra. Cuando este haz incide sobre los átomos de la muestra, el 99% de la energía del haz se pierde en calor, mientras que los otros electrones son desacelerados debido a la interacción con los átomos de la muestra, produciendo radiaciones electromagnéticas en el orden de los rayos X (radiación de frenado o *bremstrahlung*). Por otro lado, existe la posibilidad de que algunos electrones incidentes arranquen electrones de capas internas (efecto Compton), dejando huecos. Éstos tienen un exceso de energía que emiten en forma de rayos X, característicos de cada elemento químico. Su detección permite el microanálisis químico de energía dispersiva de rayos X (EDS) y su intensidad depende de la cantidad del elemento presente. No obstante, la concentración mínima que puede ser detectada es del 0.2 al 0.3%.

En ocasiones, se realizaron microanálisis de energía dispersiva de rayos X, para conocer la composición química del material en estado de recepción, así como de los materiales tratados en su interior y en distintas zonas. Se utilizó un equipo Lynk acoplado al microscopio electrónico de barrido.

Las muestras fueron las mismas que las empleadas en la observación al microscopio electrónico de barrido. Se utilizó el mismo, ya que dispone de un espectrómetro de energía dispersiva de rayos X acoplado.

4.2.6.7.Procedimiento estadístico.

Se ha empleado la técnica estadística de One-way ANOVA (Técnica estadística de doble varianza) utilizando un factor restrictivo de significación de $p < 0.05$. Este parámetro tiene el significado de que si se realizaran 100 ensayos, 95 de los mismos darían resultados estadísticamente diferentes, cuando el test ANOVA indica que hay diferencias estadísticamente significativas. Si el resultado del análisis indica que los resultados no son estadísticamente diferentes, significa que los ensayos realizados que resultan ser estadísticamente diferentes serían menores de 95.

Este es uno de los análisis estadísticos más utilizado para resultados científicos y el valor de la $p < 0.05$ es uno de los criterios más restrictivos. En ocasiones los resultados muestran valores de p ligeramente superiores a 0.05, aunque se debe concluir que los resultados no son estadísticamente diferentes, si que se puede indicar que hay una tendencia en los resultados de una población respecto a otra.