

---

# EFFECTO DEL LINER EN LA RESISTENCIA ADHESIVA DE CERÁMICA FELDESPÁTICA A LA ZIRCONIA UTILIZANDO PROTOCOLO DE ENFRIAMIENTO LENTO<sup>1</sup>

## LINER EFFECT ON THE BOND STRENGTH OF FELDSPATHIC CERAMIC TO ZIRCONIA USING A SLOW COOLING PROTOCOL<sup>1</sup>

GERMAN MARTÍNEZ GALEANO,<sup>2</sup> ALFONSO BAUTISTA LORA,<sup>3</sup>

LUISA FERNANDA PACHECO MUÑOZ,<sup>4</sup> HERNEY GARZÓN RAYO<sup>5</sup>

**RESUMEN. Introducción:** comparar la influencia del Zir-liner sobre la resistencia adhesiva de cerámica feldespática a dos sistemas cerámicos de zirconia mediante un protocolo de enfriamiento lento. **Métodos:** se fabricaron 20 bloques de zirconia (12 x 11 x 4 mm), se sinterizaron y se aplicó cerámica de recubrimiento (5 x 11 x 4 mm, IPS e.max Ceram, Ivoclar Vivadent) utilizando un protocolo de enfriamiento lento. Se evaluaron cuatro grupos: IPS e.max ZirCAD (Ivoclar Vivadent) con liner (IL) y sin liner (IX), Ecco-Zirconia (Amann Girrbach) con liner (EL) y sin liner (EX). Se llevó a cabo la prueba de resistencia adhesiva (SBS) y se registraron los tipos de falla entre la cerámica y la zirconia. **Resultados:** one-way ANOVA no reveló diferencia estadísticamente significativa entre los cuatro grupos ( $p=0,662$ ). Los valores promedios SBS ( $\pm SD$ ) en MPa fueron 15,2 ( $\pm 1,7$ ) MPa para EX, 15,3 ( $\pm 2,0$ ) MPa para EL, 16,4 ( $\pm 4,2$ ) MPa para IX and 13,5 ( $\pm 1,4$ ) MPa para IL. En todas las muestras se observó una falla combinada adhesiva/cohesiva. **Conclusiones:** la aplicación del liner no alteró la fuerza adhesiva entre la cerámica feldespática y la zirconia utilizando un protocolo de enfriamiento lento. No se encontró diferencia entre los bloques de zirconia evaluados.

**Palabras clave:** circonio, cerámica, liner.

Martínez-Galeano G, Bautista-Lora A, Pacheco-Muñoz LF, Garzón-Rayó H. Efecto del liner en la resistencia adhesiva de cerámica feldespática a la zirconia utilizando protocolo de enfriamiento lento. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2015; 27(1): 63-75. DOI: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.rfo.v27n1a3>

---

**ABSTRACT. Introduction:** the aim of this study was to compare the influence of a liner on veneering porcelain bond strength to two zirconia systems using a slow cooling protocol. **Methods:** twenty zirconia blocks were fabricated (12 x 11 x 4 mm), sintered, and layered with a veneering porcelain (5 x 11 x 4 mm, IPS e.max Ceram, Ivoclar Vivadent) using a slow cooling protocol. Four groups were evaluated: IPS e.max ZirCAD (Ivoclar Vivadent) with liner (IL) and without liner (IX), and Ecco-Zirconia (Amann Girrbach) with liner (EL) and without liner (EX) liner. Shear bond strength (SBS) test was conducted and failure modes were recorded. **Results:** the one-way ANOVA test yielded no significant statistical differences among the four groups ( $p = 0.662$ ). The mean SBS values ( $\pm SD$ ) in MPa were 15.2 ( $\pm 1.7$ ) MPa for EX, 15.3 ( $\pm 2.0$ ) MPa for EL, 16.4 ( $\pm 4.2$ ) MPa for IX, and 13.5 ( $\pm 1.4$ ) MPa for IL. All the samples showed a combined adhesive/cohesive failure. **Conclusions:** application of a liner did not alter the bond strength between veneering porcelain and zirconia when using a slow cooling protocol. No differences were found among the tested zirconia blocks.

**Key words:** zirconia, ceramics, liner.

Martínez-Galeano G, Bautista-Lora A, Pacheco-Muñoz LF, Garzón-Rayó H. Effect of liner on feldspathic ceramic bond strength to zirconia using a slow cooling protocol. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2015; 27(1): 63-75. DOI: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.rfo.v27n1a3>

- 
- 1 Artículo derivado de una investigación hecha como requisito para optar al título de Especialista en Rehabilitación Oral de la Universidad del Valle.
  - 2 Odontólogo. Residente de posgrado, aspirante al título de Especialista en Rehabilitación Oral de la Universidad del Valle.
  - 3 Odontólogo. Residente de posgrado, aspirante al título de Especialista en Rehabilitación Oral de la Universidad del Valle.
  - 4 Odontóloga. Residente de posgrado, aspirante al título de Especialista en Rehabilitación Oral de la Universidad del Valle.
  - 5 Odontólogo, Especialista en Rehabilitación Oral, Universidad Militar Nueva Granada, Fundación CIEO. Profesor del posgrado en Especialización en Rehabilitación Oral de la Universidad del Valle, Cali, Colombia.

- 
- 1 Article resulting from a research project conducted as a requirement for the Specialist in Oral Rehabilitation degree at Universidad del Valle.
  - 2 DMD. Graduate intern, candidate to the Specialization in Oral Rehabilitation degree at Universidad del Valle.
  - 3 DMD. Graduate intern, candidate to the Specialization in Oral Rehabilitation degree at Universidad del Valle.
  - 4 DMD. Graduate intern, candidate to the Specialization in Oral Rehabilitation degree at Universidad del Valle.
  - 5 DMD, Oral Rehabilitation Specialist, Universidad Militar Nueva Granada, Fundación CIEO. Professor, Specialization in Oral Rehabilitation, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

RECIBIDO: AGOSTO 5/2014-ACEPTADO: NOVIEMBRE 11/2014

SUBMITTED: AUGUST 5/2014-ACCEPTED: NOVEMBER 11/2014

## INTRODUCCIÓN

En odontología restauradora, los sistemas metal-cerámicos han sido considerados durante décadas como el estándar dorado para la fabricación de restauraciones, como las coronas individuales y prótesis parcial fija.<sup>1</sup> No obstante, el interés de clínicos y pacientes por resultados estéticos y materiales con mayor biocompatibilidad han facilitado la aparición de sistemas restauradores totalmente cerámicos con unas propiedades estéticas y biológicas superiores.<sup>2</sup>

Los sistemas completamente cerámicos que se comercializan actualmente son el disilicato de litio, las cerámicas infiltradas y la zirconia (Y-ZTP). Entre ellos, la zirconia presenta propiedades mecánicas superiores indicadas para la fabricación de restauraciones de tres o más unidades en el sector posterior. No obstante, la disposición policristalina del Y-ZTP disminuye sus propiedades estéticas, haciendo necesario la utilización de cerámicas con alto contenido de sílice como la feldespática para conseguir restauraciones estéticamente satisfactorias.<sup>3</sup>

A pesar de las altas propiedades mecánicas de restauraciones con estructuras a base de zirconia, ensayos clínicos controlados han encontrado un alto porcentaje de complicaciones de desprendimiento o “chipping” de la cerámica de recubrimiento en restauraciones con estructuras en zirconia al ser comparados con restauraciones metal-cerámicas.<sup>4</sup> En referencia a las causas de estas complicaciones, autores sugieren que un diseño inadecuado de la estructura,<sup>5</sup> diferencias en el coeficiente de expansión térmica de las cerámicas<sup>6</sup> y un enfriamiento acelerado de la cerámica de recubrimiento, ocasionan tensión residual excesiva de ésta, generando micro-fracturas o desprendimiento de la cerámica de recubrimiento al recibir cargas masticatorias.<sup>7</sup> Para controlar esta tensión residual se ha sugerido la utilización de protocolos de enfriamiento lento durante el proceso de cocción<sup>8</sup> y espesores menores a 1,5 mm de la cerámica de recubrimiento.<sup>9</sup> Sin embargo, la alta opacidad de la zirconia limita el uso de estas restauraciones en el sector anterior donde la estética se vería comprometida cuando

## INTRODUCTION

In restorative dentistry, metal-ceramic systems have been regarded for decades as the golden standard for restorations like individual crowns and fixed partial dentures.<sup>1</sup> However, the increased interest of clinicians and patients in esthetic results and in materials with higher biocompatibility has enabled the emergence of all-ceramic restorative systems with better aesthetic and biological properties.<sup>2</sup>

The all-ceramic systems currently available on the market are lithium disilicate, infiltrated ceramics, and zirconia (Y-ZTP). Among these, zirconia has the greatest mechanical properties suitable for producing restorations of three or more units in the posterior sector. However, Y-ZTP has a polycrystalline layout that reduces its esthetic properties, requiring the use of ceramics with high content of silica, such as feldspar, in order to achieve aesthetically successful restorations.<sup>3</sup>

Despite the high mechanical properties of zirconia-based restorations, controlled clinical trials have found a higher percentage of complications (such as chipping of the ceramic veneer) in restorations with zirconia structures compared with metal-ceramic restorations.<sup>4</sup> Concerning the causes of such complications, the authors suggest that inappropriate structure design,<sup>5</sup> differences in the ceramic material's coefficient of thermal expansion,<sup>6</sup> and rapid cooling of the ceramic veneer cause excessive residual tension of it, generating micro-fissures or detachment of the ceramic veneer in the presence of masticatory forces.<sup>7</sup> In order to control this residual pressure, it has been suggested to conduct slow cooling protocols during the firing process,<sup>8</sup> as well as ceramic coatings measuring less than 1.5 mm in thickness.<sup>9</sup> However, the high opacity of zirconia reduces its use in restorations in the anterior sector, where it would affect appearance when

se utilicen espesores de cerámica de recubrimiento menores a los descritos anteriormente.<sup>10</sup> Teniendo en cuenta esta situación clínica, se ha propuesto mimetizar las estructuras de Y-ZTP mediante la aplicación de un liner sobre ésta, que permita mejorar las propiedades ópticas de las restauraciones.<sup>11</sup> Empero, no es claro el efecto en la resistencia adhesiva que puede causar la aplicación de un liner a una estructura en zirconia que será cubierta con cerámica feldespática.<sup>12, 13</sup>

El propósito de este estudio fue identificar si la utilización de un liner afecta la resistencia adhesiva de la cerámica de recubrimiento a la zirconia mediante la utilización de un protocolo de enfriamiento lento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Preparación de los bloques de zirconia

Fueron fabricados y seccionados con un disco Ultrathin®, veinte bloques de cerámica Y-TZP presintetizada: 10 (IPS e.max ZirCAD, (Ivoclar vivadent®) y 10 (Ecco Amann GIRRbach Zirconio®) de 12 mm x 11 mm x 4 mm (figura 1), pulidos con lija # 600 y 1000, luego se sintetizaron en un horno Zircomat-Vita con un tiempo de incremento de temperatura durante 60 min, hasta conseguir una temperatura final de 1530 °C por un espacio de dos horas (la duración del programa incluida la fase de enfriamiento a 200 °C, es de 6,0 horas). A continuación los bloques se lavaron con agua, se midieron y se examinaron las muestras minuciosamente con lentes de aumento (Lupa MAGNIFYN LENSES bio-art) para verificar que no exhibían fracturas.

using ceramic coatings with smaller thickness than those previously described.<sup>10</sup> Having this clinical situation on mind, it has been proposed to conceal the Y-ZTP structures by adding a liner on them, allowing better optical properties of restorations.<sup>11</sup> However, the effect on bonding strength as a result of liner application to a zirconia structure that is to be covered with feldspathic ceramics is still unclear.<sup>12, 13</sup>

The purpose of this study was to determine whether the use of a liner affects the ceramic veneer bonding strength to zirconia when using a slow cooling protocol.

## MATERIALS AND METHODS

### Preparation of zirconia blocks

Twenty blocks of Y-TZP pre-synthesized ceramics were fabricated and sectioned with an Ultrathin® disc: 10 (IPS e.max ZirCAD (Ivoclar vivadent®) and 10 (Ecco Amann GIRRbach Zirconio®) measuring 12 mm x 11 mm x 4 mm (Figure 1), and polished with sandpaper #600 and #1000; they were later sintered in a Zircomat-Vita furnace increasing temperature during 60 min until a final temperature of 1530°C for a period of two hours (this process included the cooling phase to 200°C in 6.0 hours). Then the blocks were rinsed with water and measured, and the samples were carefully examined with magnifying lenses (bio-art MAGNIFYN LENSES) to verify the absence of fissures.

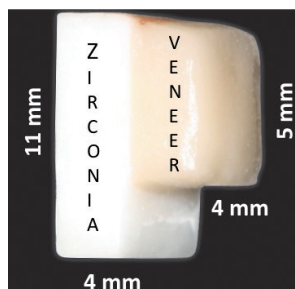


Figura 1. Diseño de los cuerpos de prueba cerámica feldespática y zirconia

Figure 1. Design of veneer and zirconia samples

### Fabricación de la cerámica de recubrimiento sobre los bloques de zirconia

Cada uno de los veinte bloques de zirconia recibió cerámica de recubrimiento (IPS e.max) de 5 mm x 11 mm x 4 mm, (figura 1) de la siguiente forma:

#### Aplicación liner

Los grupos uno y tres (con liner) fueron lavados con abundante agua y limpiados con alcohol isopropílico, se mezcló el IPS e.max Ceram ZirLiner con el líquido IPS e.max Ceram ZirLiner Build-Up hasta conseguir una consistencia cremosa, para luego ser aplicado sobre la superficie de zirconia hasta lograr un color verdoso uniforme, el grosor de capa después de la cocción fue aproximadamente de 0,1 mm, se dejó secar durante cinco min y fue llevado al horno de cocción de acuerdo a las especificaciones (tabla 1).

### Preparation of ceramic veneer on zirconia blocks

Each of the twenty zirconia blocks was applied a ceramic veneer (IPS e.max) of 5 mm x 11 mm x 4 mm (figure 1) as follows:

#### Application of liner

Groups one and three (with liner) were washed with abundant water and cleansed with isopropyl alcohol; the IPS e.max Ceram ZirLiner was mixed with fluid IPS e.max Ceram ZirLiner Build-Up until obtaining a creamy texture, and applied on the zirconia surface to achieve a uniform green color. Thickness of the veneer after firing was approximately 0.1 mm. It was left to dry for five minutes and brought to the furnace according to specifications (table 1).

Tabla 1. Temperaturas y tiempos de cocción modificada de Vita (www.vita.com).

Pre secado						
Cerámica	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Velocidad Calentamiento (°C/min)	Temperatura de Cocción (°C)	Tiempo de Mantenimiento (min)	Enfriamiento lento (°C)
IPS e.max ZirCAD	500	90		1530	120	
Ecco Amann Grrbach Zirconio	500	90		1530	120	
IPS e.max Ceram ZirLiner	403	4:00	60°	960	1	
IPS e.max Ceram	403	4:00	50°	750	1	500

Table 1. Vita temperatures and modified firing times (www.vita.com).

Pre-dry		Time (min)	Speed of heating (°C/min)	Firing temperature (°C)	Time of Maintenance (min)	Slow cooling (°C)
Ceramics	Temperature (°C)					
IPS e.max ZirCAD	500	90		1530	120	
ECCO Amann Girrbach Zirconium	500	90		1530	120	
IPS e.max Ceram ZirLiner	403	4:00	60 °	960	1	
IPS e.max Ceram	403	4:00	50 °	750	1	500

## Aplicación cerámica recubrimiento

Sobre la superficie de cada muestra de zirconia sinterizada se aplicó la cerámica de recubrimiento IPS e.max Ceram Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein, en el proceso de estandarización se utilizó una matriz de silicona (Elite Zhermack) con medidas de 5 mm x 11 mm x 4 mm de largo, esto con el fin de estandarizar las dimensiones de la cerámica de recubrimiento.

La cerámica IPS e.max Ceram se preparó con el líquido recomendado por el fabricante (IPS e.max Ceram Build-Up Liquid) (tabla 2). Se utilizó la técnica de estratificación,<sup>14</sup> condensando la cerámica capa a capa, el exceso de humedad se eliminó con toalla de papel absorbente y el molde de silicona (Elite Putty - Zhermack) fue retirado cuidadosamente, las muestras se llevaron a un horno de cerámica (Programat P 300, Ivoclar Vivadent) para su cocción a 750 °C, este paso se efectuó hasta conseguir el tamaño deseado de 5 mm x 11 mm x 4 mm.

## Application of ceramic veneer

The ceramic veneer (IPS e.max Ceram Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) was applied on the surface of each sample of sintered zirconia. The standardization process included a silicon array (Elite Zhermack) measuring 5 mm x 11 mm x 4 mm long in order to standardize the ceramic veneer dimensions.

The IPS e.max Ceram ceramics was prepared with a solution recommended by the manufacturer (IPS e.max Ceram Build-Up Liquid) (table 2). The layering technique was used<sup>14</sup> condensing the ceramic material layer by layer; excess moisture was removed with absorbent paper towel and the silicon mold (Elite Putty - Zhermack) was carefully removed. The samples were brought to the ceramic furnace (Programat P 300, Ivoclar Vivadent), firing at 750 °C—keeping this step until achieving the desired size of 5 mm x 11 mm x 4 mm.

Tabla 2. Materiales a evaluar: Zr zirconio), Y (itrio), Hf (hafnio), Al (aluminio), Si (silicio), Zn (zinc), Na (sodio), K (potasio), Ca (calcio), P (fosforo).

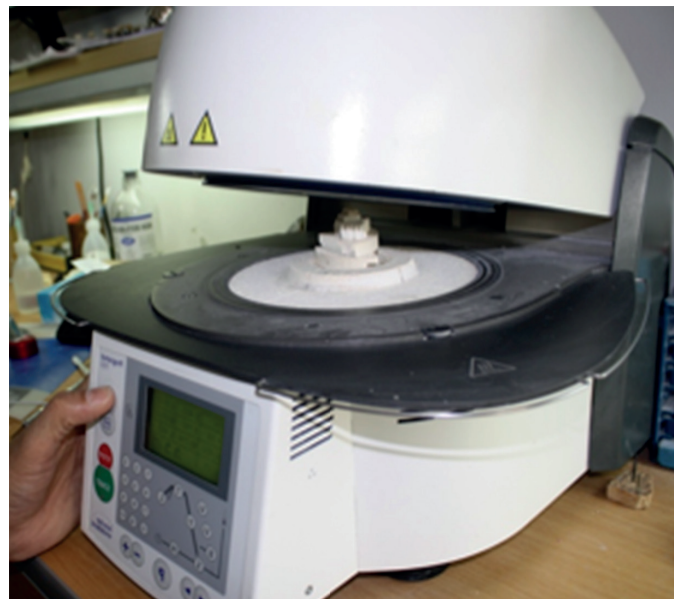
Marca	Composición	Fabricante
IPS e.max ZirCAD	Bloques de cerámica compuestos de: > 87 % ZrO <sub>2</sub> , Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , HfO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ivoclar Vivadent
Ecco Amann Girrbach Zirconio	ZrO <sub>2</sub> + HfO <sub>2</sub> + Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 99.5wt; Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 5.2wt; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.5.	
IPS e.max Ceram	SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ZnO <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, ZrO <sub>2</sub> , CaO, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , fluoruros y pigmentos	Ivoclar Vivadent
IPS e.max Ceram ZirLiner	Agua, butanodiol y cloruros	Ivoclar Vivadent

**Table 2. Materials under evaluation: Zr (zirconium), Y (yttrium), Hf (hafnium), Al (aluminum), Si (silicon), Zn (zinc), Na (sodium), K (potassium), Ca (calcium), P (phosphorus).**

Brand	Composition	Manufacturer
IPS e.max ZirCAD	Blocks of ceramic compounds: > 87 % ZrO <sub>2</sub> , Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , HfO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ivoclar Vivadent
ECCO Amann Girrbach zirconium	ZrO <sub>2</sub> + HfO <sub>2</sub> + Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 99.5wt; Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 5.2wt; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.5.	
IPS e.max Ceram	SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ZnO <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, ZrO <sub>2</sub> , CaO, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , fluorides and pigments	Ivoclar Vivadent
IPS e.max Ceram ZirLiner	Water, butanediol and chlorides	Ivoclar Vivadent

Durante el último ciclo de cocción para la cerámica de recubrimiento se utilizó un protocolo de enfriamiento lento, en el momento que la temperatura del horno (Programat P 300; Ivoclar Vivadent) llegó a 500 °C la muestra permaneció cinco min con la mufla abierta parcialmente un 30% (figura 2). Las condiciones del cuarto se encontraban libres de alguna situación que lograra afectar el protocolo de enfriamiento lento (ej: aire acondicionado, ventiladores, ventanas, etc).<sup>8</sup>

During the last firing cycle, the ceramic veneer was subjected to a slow cooling protocol; when the furnace (Programat P 300; Ivoclar Vivadent) reached a temperature of 500° C, the sample remained on the furnace for five minutes with the muffle partially open to about 30% (figure 2). The room was free of any condition that could affect the slow cooling protocol (such as air conditioning, fans, or windows).<sup>8</sup>



**Figura 2. Proceso de enfriamiento de la cerámica**

**Figure 2. Process of veneer cooling**

### Prueba de resistencia adhesiva (cizallamiento)

Las muestras se colocaron en una máquina universal (Modelo 3366, INSTRON Corp., Norwood, MA, USA) y se estabilizaron utilizando una mordaza en acero inoxidable fabricada a la medida para obtener una posición adecuada y firme durante la prueba (figura 3). Se aplicó una carga paralela al eje axial de la muestra, ubicando la punta del instrumento de corte lo más cerca posible de la interfaz cerámica/zirconia, con una velocidad de 1mm/min hasta la fractura, registrándose la carga en unidades Newton (N). La resistencia de unión en MPa se calculó dividiendo la carga (N) al momento de fractura sobre el área de unión.

$$\text{Resistencia de Unión (MPa)} = \text{Carga (N)} / \text{Área (mm)}^2$$

Para verificar si existía diferencia estadísticamente significativa en la resistencia adhesiva entre los cuatro grupos de estudio se utilizó la prueba estadística ANOVA.

### Bond strength test (shear)

Samples were placed in a universal machine (Model 3366, INSTRON Corp., Norwood, MA, USA) and stabilized with a stainless steel clamp made to measure for proper and firm position during testing (figure 3). A load was applied parallel to the axial axis of the sample, placing the tip of the cutting instrument as close as possible to the ceramic/zirconia interface, at a speed of 1 mm/min until fracture and recording the load in Newtons (N). Bond strength in MPa was calculated by dividing the load (N) at the time of fracture by the bonding area.

$$\text{Bond strength (MPa)} = \text{Load (N)} / \text{Area (mm)}^2$$

The ANOVA statistical test was used to verify any statistically significant difference in bond strength among the four study groups.

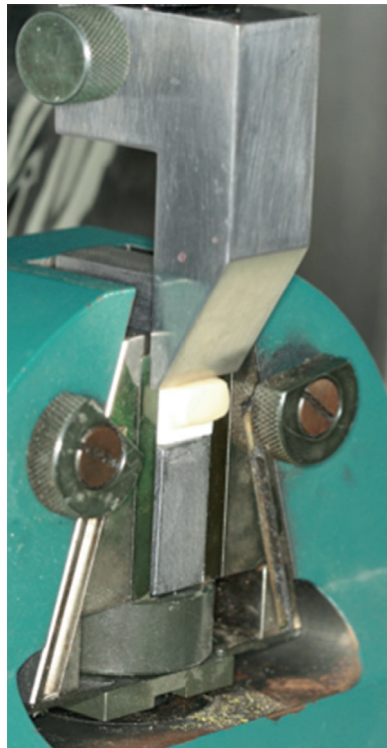


Figura 3. Estabilización de las muestras durante la prueba de cizallamiento.

Figure 3. Stabilization of samples during shear test.

## RESULTADOS

A la prueba de resistencia adhesiva (SBS): la media (SD) de los valores de resistencia adhesiva obtenida en la prueba de laboratorio fue la siguiente: 15,22 MPa para el grupo Ecco sin aplicación de liner (EX); 15,33 MPa para el grupo Ecco con aplicación de liner (EL); 16,36 MPa para el grupo Ivoclar sin liner (IX) y 13,54 MPa para el grupo Ivoclar con liner (IL) (tabla 3). La mayor fuerza adhesiva de cerámica de recubrimiento a la zirconia se obtuvo en el grupo IX, es decir, en los bloques de zirconia de Ivoclar sin la aplicación del liner; sin embargo, la prueba ANOVA indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro grupos estudiados al realizar la prueba de resistencia adhesiva ( $p=0,662.$ ), (figura 4).

Tabla 3. Resultados de resistencia adhesiva de las muestras.

LOTE	CONDICIÓN FINAL	
	PROM $F_{MAX}$ N (SD)**	PROM $\sigma_{MAX}$ MPa (SD)
Ecco sin Liner (EX)	1644.20 (148.96)	15.22 (1.71)
Ecco con liner (EL)	1533.60 (143.93)	15.33 (1.99)
Ivoclar sin Liner (IX)	1701.40 (487.66)	16.36 (4.15)
Ivoclar con Liner (IL)	1506.60 (108.33)	13.54 (1.39)

$\sigma_{MAX}$ : Esfuerzo Máximo - \*\*SD: Desviación Estándar

## RESULTS

Shear bond strength test (SBS): the mean (SD) of bond strength values obtained in laboratory testing was as follows: 15.22 MPa for the Ecco group with no liner (EX); 15.33 MPa for the Ecco group with liner (EL); 16.36 MPa for the Ivoclar group with no liner (IX), and 13.54 MPa for the Ivoclar group with liner (IL) (table 3). The greatest ceramic veneer bond strength to zirconia was obtained in the IX group, that is to say, the Ivoclar zirconia blocks without liner application; however, the ANOVA test yielded no statistically significant differences among the four study groups when running the bond strength test ( $p = 0.662$ ) (figure 4).

Table 3. Bond strength of samples

LOT	FINAL CONDITION	
	PROM $F_{MAX}$ N (SD)**	PROM $\sigma_{MAX}$ MPa (SD)
ECCO without liner (EX)	1644.20 (148.96).	15.22 (1.71).
ECCO with liner (THE)	1533.60 (143.93).	15.33 (1.99).
Ivoclar without liner (IX)	1701.40 (487.66).	16.36 (4.15).
Ivoclar with liner (IL)	1506.60 (108.33).	13.54 (1.39).

$\sigma_{MAX}$ : maximum strength - \*\*SD: standard deviation

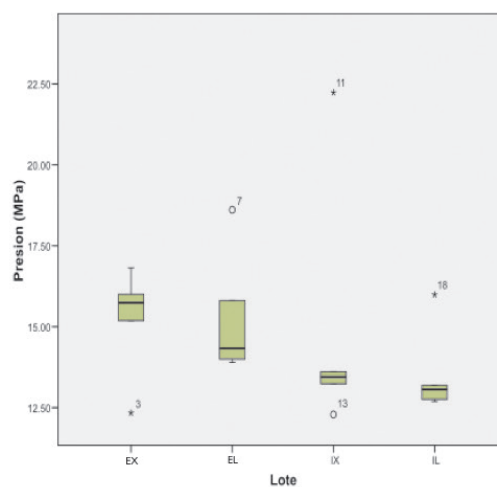


Figura 4. No se observa diferencia estadísticamente significativa, todos los grupos presentaron valores extremos fuera del campo.

Figure 4. No statistically significant difference may be seen; all the groups showed extreme values off the field.



## Análisis de las superficies fracturadas

Se observó un tipo de falla combinada en todas las muestras (figura 5), caracterizadas por fractura en la interfaz (falla adhesiva) zirconia–cerámica feldespática y fractura de las cerámicas de recubrimiento (falla cohesiva) (Figura 6).

## Analysis of fractured surfaces

There was a combined type of failure in all samples (figure 5), characterized by fracture at the zirconia–feldspathic ceramics interface (adhesive failure) and fracture of ceramic veneer (cohesive failure) (figure 6).

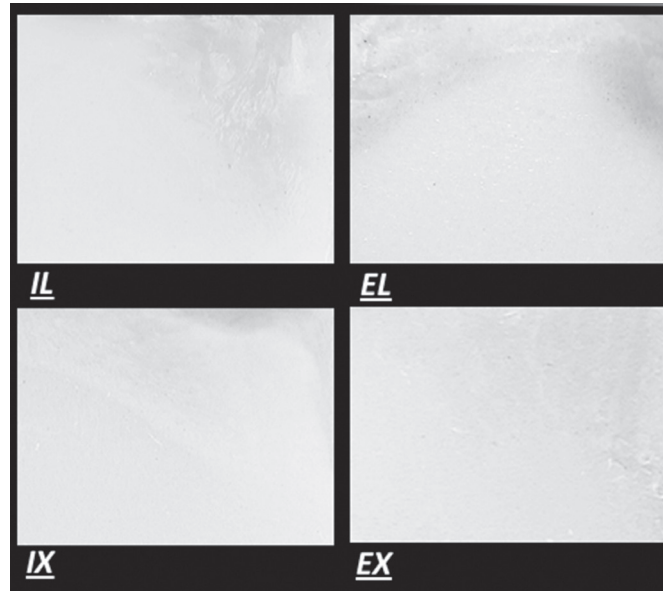


Figura 5. Imágenes con estereomicroscopio del tipo de falla en los cuatro grupos.

Figure 5. Stereomicroscope images of type of failure in all four groups.

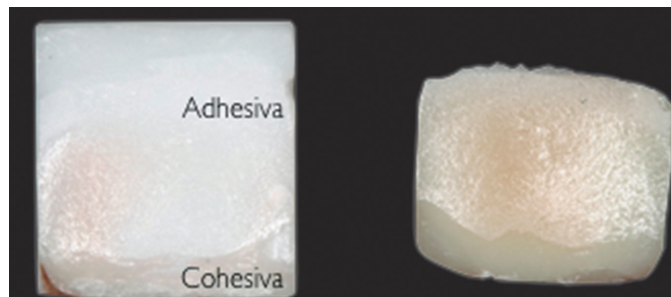


Figura 6. Falla combinada en los bloques de zirconia.

Figure 6. Combined failure in zirconia blocks.

Los resultados de este estudio confirmaron nuestra hipótesis nula: “no existe diferencia al evaluar la resistencia adhesiva entre la cerámica de recubrimiento a la zirconia con y sin la aplicación de liner mediante la utilización de un protocolo de enfriamiento lento”.

## DISCUSIÓN

Estudios clínicos reportan delaminación o fractura de la cerámica de recubrimiento como la principal complicación en restauraciones con estructuras en zirconia.<sup>4</sup>

Por esta razón, investigadores han tratado de entender y mejorar la resistencia adhesiva de la cerámica de recubrimiento a la zirconia mediante la evaluación de sus propiedades mecánicas,<sup>15</sup> los procesos de fabricación de estructuras en zirconia,<sup>16</sup> tratamientos sobre la superficie de la zirconia<sup>12, 17</sup> y el comportamiento de cerámicas de recubrimiento con diferentes coeficientes de expansión térmica sobre una marca de zirconia en particular.<sup>17, 18</sup>

La presente investigación evaluó y comparó la resistencia adhesiva que tiene una cerámica de recubrimiento sobre bloques de zirconia de diferente fabricante (Ecco Amann Girrbach Zirconia – Ivoclar e.max ZirCAD) y la conveniencia de utilizar un liner, mediante un protocolo de enfriamiento lento como sugieren algunos autores.<sup>8, 9, 19-21</sup>

La utilización del liner se ha propuesto para mejorar las características estéticas de las restauraciones con estructuras en zirconia.<sup>11</sup> Sin embargo, algunos autores sugieren que al utilizar un liner se puede afectar la resistencia adhesiva de la cerámica de recubrimiento a la zirconia.<sup>12, 22</sup> En el presente estudio, la aplicación de un liner sobre los bloques de zirconia no afectó la fuerza adhesiva de la cerámica de recubrimiento a la zirconia. Estos resultados coinciden con las investigaciones realizadas por Fischer y cols.<sup>13</sup> y Aboushelib y cols.,<sup>23</sup> las cuales indican que la utilización del liner no afecta la resistencia adhesiva de la cerámica de recubrimiento a la zirconia.

Se han descrito protocolos de enfriamiento lento, para la fabricación de restauraciones con estructuras

The results of this study confirmed our null hypothesis: “there is no difference in evaluating ceramic veneer bond strength to zirconia with and without the application of liner using a slow cooling protocol”.

## DISCUSSION

Clinical studies report delamination or fracture of the ceramic veneer as the main complication in restorations with zirconia structures.<sup>4</sup>

For this reason, researchers have tried to understand and improve the ceramic veneers bond strength to zirconia by evaluating not only their mechanical properties<sup>15</sup> but also the manufacturing processes of zirconia structures,<sup>16</sup> treatments on the zirconia surface,<sup>12, 17</sup> and the behavior of veneering ceramics with different coefficients of thermal expansion on a particular brand of zirconia.<sup>17, 18</sup>

The present study evaluated and compared a ceramic veneer bond strength to zirconia blocks by different manufacturers (Ecco Amann Girrbach Zirconia – Ivoclar e.max ZirCAD) and the convenience of using a liner through a slow cooling protocol as suggested by some authors.<sup>8, 9, 19-21</sup>

The use of liners has been proposed to improve the aesthetic characteristics of restorations with zirconia structures.<sup>11</sup> However, some authors suggest that using a liner can affect the bond strength of the ceramic veneer to zirconia.<sup>12, 22</sup> In the present study, the application of a liner on the zirconia blocks did not affect the ceramic veneer bond strength to zirconia. These results are consistent with research conducted by Fischer et al<sup>13</sup> and Aboushelib et al,<sup>23</sup> who indicate that using a liner does not affect the bond strength of the ceramic veneer to zirconia.

Slow cooling protocols have been described in the production of restorations with zirconia

en zirconia.<sup>8, 9, 19-21</sup> El manejo de estos protocolos disminuyen significativamente la tensión residual que se genera en la cerámica de recubrimiento con estructuras en zirconia.<sup>24, 25</sup> Algunos autores sugieren que una tensión residual excesiva en la cerámica de recubrimiento sometida a cargas oclusales podría ser uno de los factores que propician la aparición de chipping o delaminación de la cerámica de recubrimiento con estructuras a base de zirconia.<sup>7, 21, 26</sup> Se ha descrito una relación entre la utilización de protocolos de enfriamiento lento y disminución de la fuerza adhesiva de la cerámica de recubrimiento a la zirconia,<sup>20</sup> este hallazgo probablemente sea una explicación a los resultados obtenidos en esta investigación, donde la resistencia adhesiva máxima es de 16,36 MPa. Estos resultados son menores al compararlos con resultados de estudios que se realizaron sin la utilización de protocolos de enfriamiento lento y promediaron resistencia adhesiva de 20 hasta 35 Mpa.<sup>6, 13, 17, 22, 23</sup>

Al evaluar el tipo de falla obtenido en el total de las muestras de la presente investigación encontramos que todas mostraron fallas de tipo combinado (adhesiva/cohesiva). Este resultado podría estar relacionado con el espesor de la cerámica de recubrimiento utilizado (4 mm), siendo mayor al 1,5–2 mm sugerido por el fabricante. Lo anterior puede asociarse a un incremento en la tensión residual, y en la disminución de la resistencia a la fractura de la cerámica.<sup>27, 28</sup> Por otra parte, el método utilizado para evaluar la resistencia adhesiva, está asociado a una grieta en la zona de aplicación de la fuerza, sea la razón por la cual se presentaron fallas adhesiva/cohesiva; y no debe interpretarse este tipo de fallas como una cerámica de recubrimiento demasiado frágil como lo sugieren algunas investigaciones.<sup>13, 17, 23, 29</sup>

Como recomendación se debe tener en cuenta que durante el proceso de fabricación de una restauración sobre zirconia es más importante la manipulación de la cerámica de recubrimiento<sup>7</sup>, considerar la propiedad térmica del material, en especial el coeficiente de expansión térmica CET,<sup>6, 13, 30</sup> y un adecuado diseño de la estructura para soportar la cerámica de recubrimiento,<sup>5</sup> que la utilización o no de un liner.

structures.<sup>8, 9, 19-21</sup> These protocols significantly reduce the residual stress generated on the ceramic veneer with zirconia structures.<sup>24, 25</sup> Some authors suggest that excessive residual tension on ceramic veneers subjected to occlusal loads could be one of the factors favoring the emergence of chipping or delamination of ceramic veneers with zirconia-based structures.<sup>7, 21, 26</sup> The literature has described a relationship between the use of slow cooling protocols and decreased bond strength of the ceramic veneer to zirconia<sup>20</sup> —a finding that may explain the results of the present study, where maximum bond strength was 16.36 Mpa—. These results are lower than those of studies conducted without the use of slow cooling protocols and which averaged bond strength from 20 to 35 Mpa.<sup>6, 13, 17, 22, 23</sup>

In evaluating failure type among all the samples in the present study, we found out that all showed a combined type of failure (adhesive/cohesive). This result may be connected with the ceramic veneer thickness (4 mm) used in this study, since it is bigger than suggested by the manufacturer (1.5-2 mm). This may be associated with an increase in residual stress, and with a decrease in the ceramic's fracture strength.<sup>27, 28</sup> On the other hand, the method used to evaluate bond strength is associated with a crack in the area of load application, no matter the reason for adhesive/cohesive failure; this type of failure should not be interpreted as a too fragile ceramic veneer, as suggested by some studies.<sup>13, 17, 23, 29</sup>

It is recommended to keep in mind that during the process of manufacturing a zirconia restoration, manipulating the ceramic veneer<sup>7</sup> and considering the thermal properties of the material, especially its coefficient of thermal expansion (CTE),<sup>6, 13, 30</sup> as well as a suitable structure design to support the ceramic veneer,<sup>5</sup> is more important than using or not using a liner.

## CONCLUSIONES

Con las limitaciones de este estudio se considera que la aplicación de liner no alteró la fuerza de adhesión entre la cerámica de recubrimiento y los bloques de zirconia utilizando un protocolo de enfriamiento lento.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración del Sr. Oscar Pascuas por la fabricación de las muestras, y a la Dra. Adriana Jaramillo por la asesoría en la metodología.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

## CORRESPONDENCIA

German Martínez Galeano  
Correo electrónico: jgerm4 ar@hotmail.com  
Teléfonos: 5533949, 5533910  
Edificio Centro Empresarial  
Avenida Roosevelt No. 39-15 Local 208  
Cali, Valle  
Colombia

## CONCLUSIONS

With the limitations of this study, we may conclude that application of a liner did not alter bond strength between ceramic veneer and zirconia blocks using a slow cooling protocol.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Mr. Oscar Pascuas collaboration in manufacturing the samples, and Dr. Adriana Jaramillo for her methodological advice.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

## CORRESPONDING AUTHOR

Germán Martínez Galeano  
Email address: jgerm4 ar@hotmail.com  
Phone numbers: 5533949, 5533910  
Edificio Centro Empresarial  
Avenida Roosevelt No. 39-15 Local 208  
Cali, Valle  
Colombia

## REFERENCIAS / REFERENCES

1. Tan K, Pjetursson BE, Lang NP, Chan ES. A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FDPs) after an observation period of a least 5 years. *Clin Oral Implants Res* 2004; 15: 654-666.
2. Spear F. The metal-free practice: myth? Reality desirable goal. *J Esthet Restor Dent* 2001; 13: 59-67.
3. Guess PC, Schultheis S, Bonfante EA, Coelho PG, Ferencz JL, Silva NR. All ceramic systems: Laboratory and clinical performance. *Dent Clin North Am* 2011; 55(2): 333-352.
4. Raigrodski AJ, Hillstead MB, Meng GK, Kwok-Hung Ch. Survival and complications of zirconia- based fixed dental prostheses: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2012; 107: 170-177.
5. Marchack BW, Futatsuki Y, Marchack CB, White SN. Customization of milled zirconia copings for all-ceramic crowns: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2008; 99(3): 163-173.
6. Fischer J, Stawarczyk B, Tomic M, Tomic J, Hämmerle C. Effect of thermal misfit between different veneering

- ceramics and zirconia frameworks on in vitro fracture load of single crowns. *J Dental Materials* 2007; 26(6): 766-772.
7. Swain MV. Unstable cracking (chipping) of veneering porcelain on all-ceramic dental crowns and fixed partial dentures. *Acta Biomater* 2009; 5(5):166-1677.
  8. Rues S, Kröger E, Müller D, Schmitter M. Effect of firing protocols on cohesive failure of all-ceramic crowns. *J Dent* 2010; 38: 987-994.
  9. Guazzato M, Walton TR, Franklin W, Davis G, Bohl C, Klineberg Y. Influence of thickness and cooling rate on development of spontaneous cracks in porcelain/zirconia structures. *J Aust Dent* 2010; 55(3): 306-310.
  10. Conrad HJ, Seong W, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2007; 98: 389-404.
  11. Lee YK, Cha HS, Ahn JS. Layered color of all-ceramic core and veneers. *J Prosthet Dent* 2007; 97(5): 279-286.
  12. Kim HJ, Lim HP, Park YJ, Vang MS. Effect of zirconia surface treatments on the shear bond strength of veneering ceramic. *J Prosthetic Dent* 2011; 105(5): 315-322.
  13. Fischer J, Grohmann P, Stawarczyk B. Effect of zirconia surface treatments on the shear strength of zirconia/veneering ceramic composites. *Dent Mater J* 2008; 27(3): 448-454.
  14. Peláez A, Dussan JA, Restrepo LF, Paucar C, Ferreira JA, Monteiro FJ. The effect of slurry preparation methods on biaxial flexural strength of dental porcelain. *J Prosthetic Dentistry* 2011; 105(5): 308-314.
  15. Denry I, Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater J* 2008; 24(3): 299-307.
  16. Raigrodski AJ, Chiche GJ, Potiket N, Hochstedler JL, Mohamed SE, Billiot S et al. The efficacy of posterior three-unit zirconium-oxide-based ceramic fixed partial dental prostheses: a prospective clinical pilot study. *J Prosthetic Dent* 2006; 96(4): 237-244.
  17. Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Effect of zirconia type on its bond strength with different veneer ceramics. *J Prosthodont* 2008; 17(5): 401-408.
  18. Ozkurt Z, Kazazoglu E, Unal A. In vitro evaluation of shear bond strength of veneering ceramics to zirconia. *Dent Mater J* 2010; 29(2): 138-146.
  19. Tan JP, Sederstrom D, Polansky JR, McLaren EA, Blanca SN. The use of slow heating and slow cooling regimens to strengthen porcelain fused to zirconia. *J Prosthet Dent* 2012; 107(3): 163-169.
  20. Göstemeyer G, Jendras M, Dittmer MP, Bach FW, Stiesch M, Kohorst P. Influence of cooling rate on the zirconia/veneer interfacial adhesion. *Acta Biomater* 2010; 6(12): 4532-4538.
  21. Komine F, Saito A, Kobayashi K, Koizuka M, Koizumi H, Kohorst P. Effect of cooling rate on shear bond strength of veneering porcelain to a zirconia ceramic material. *J Oral Sci* 2010; 52(4): 647-652.
  22. Aboushelib MN, Dozic A, Liem JK. Influence of framework color and layering technique on the final color of zirconia veneered restorations. *Int Quintessence* 2010; 41: e84-89.
  23. Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. Part II: Zirconia veneering ceramics. *Dent Mater J* 2006; 22(9): 857-863.
  24. Zhang Y, Ma L. Optimization of ceramic strength using elastic gradients. *Acta Mater* 2009; 57(9): 2721-2729.
  25. Zhang Y, Kim JW. Graded zirconia glass for resistance to veneer fracture. *J Dent* 2010; 89(10): 1057-1062.
  26. Göstemeyer G, Jendras M, Borchers L, Bach FW, Stiesch M, Kohorst P. Effect of thermal expansion mismatch on the Y-TZP/veneer interfacial adhesion determined by strain energy release rate. *J Prosthodont Res* 2011; 56(2): 93-101.
  27. Asaoka K, Tesk JA. Transient and residual stresses in dental porcelains as affected by cooling rates. *Dent Mater J* 1989; 8(1): 9-25.
  28. Miller LL. Framework design in ceramo-metal restorations. *Dent Clin North Am* 1977; 21(4): 699-716.
  29. Dündar M, Mutlu Ö, Gökçe B, Çömlekoğlu E; Leite F, Valandro LF. Comparison of two bond strength testing methodologies for bilayered all-ceramics. *Dent Mater J* 2007; 23: 630-636.
  30. Fischer J, Stawarczyk B, Trottmann A, Hämmerle C. Impact of thermal misfit on shear strength of veneering ceramic/zirconia composites. *Dent Mater J* 2009; 25: 419-423.