

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Posgrados

Estudio comparativo *in vitro* sobre el grado de rugosidad superficial con 3 diferentes sistemas de pulido intraoral en cerámica reforzada con disilicato de litio

María Alejandra Benítez Aguilar

**Yolanda Román, Dra.
Directora de Trabajo de Titulación**

Trabajo de titulación de posgrado presentado como requisito para la obtención del título de Especialista en Rehabilitación Oral

Quito, 15 de mayo de 2017

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

COLEGIO DE POSGRADOS

HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Estudio comparativo *in vitro* sobre el grado de rugosidad superficial con 3 diferentes sistemas de pulido intraoral en cerámica reforzada con disilicato de litio.

María Alejandra Benítez Aguilar

Yolanda Román, Dra.
Especialista en Rehabilitación Oral
Máster en Restauradora y Estética
Directora de Trabajo de Titulación

Cristina Burbano, Dra.
Especialista en Rehabilitación Oral
Miembro del Comité de Tesis

Dicson Andrade, Dr.
Especialista en Rehabilitación Oral
Miembro del Comité de Tesis

Nancy Mena Córdova, Dra.
Especialista en Prótesis Bucal
Directora del programa de Rehabilitación Oral y
Miembro del Comité de Tesis

Fernando Sandoval, Dr.
Decano de la Facultad de Odontología

Hugo Burgos, PhD
Decano del Colegio de Postgrados

Quito, 15 de mayo 2017

© Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que, los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombre: María Alejandra Benítez Aguilar

Código de estudiante: 00125094

C. I.: 1716583966

Fecha: Quito, 15 de mayo del 2017

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis amados padres, Santiago y Rocío.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a mi familia, a mis padres y hermanos por su apoyo y amor incondicional en toda mi carrera. Todo mi esfuerzo está dedicado a ellos. De igual forma, agradezco a mi novio y amigo Adrián por estar siempre a mi lado en cada momento de mis estudios.

Agradezco de manera especial a la Dra. Yolanda Román, mi tutora de tesis, por su ayuda, dedicación y enseñanzas brindadas durante todo el proceso de elaboración de la tesis y la especialidad.

Agradezco también, a la Dra. Nancy Mena, directora de la especialidad de rehabilitación oral, por sus enseñanzas y por dirigirnos a los estudiantes por un camino ético y profesional a lo largo de todo el posgrado.

RESUMEN

La presente investigación es un estudio experimental comparativo, *in vitro*, que consiste en la evaluación de instrumentos intraorales de pulido en cerámica dental de disilicato de litio, utilizando tres distintos sistemas de pulido intraoral de 3 casas comerciales.

Para el estudio se utilizaron 96 muestras obtenidas de 48 pastillas cilíndricas termoprensables 3G OPC Pentron (Deutschland/Alemania) de disilicato de litio, las cuales se dividieron en 4 grupos de 24 unidades cada uno. El primer grupo fue el grupo control, el cual no recibió ningún tipo de pulido, ni fue abrasionado. Los tres siguientes grupos (2,3 y 4) representaron a las casas comerciales de Jota (Suiza), Brasseler (USA) y Ultradent (USA) respectivamente. Todas las muestras de cerámica, con excepción del grupo control, fueron abrasionadas con una punta de diamante de grano medio en pieza de mano de alta velocidad, para simular la eliminación de puntos altos de contacto. Luego, los tres grupos de estudio se pulieron según el sistema de cada casa comercial. Para el análisis de rugosidad de superficie se empleó un rugosímetro SRT 6200 Portable Surface Roughness Tester. Se realizaron pruebas estadísticas ANOVA y de comparación múltiple. El valor más bajo de las mediciones de rugosidad fue el obtenido en el grupo 4 (Ultradent): $0,31 \pm 0,04$ um, seguido por el grupo 1 (Control): $0,63 \pm 0,08$ um, el grupo 3 (Brasseler) con $0,67 \pm 0,09$ um y el de mayor rugosidad fue el obtenido en el grupo 2 (Jota) $0,86 \pm 0,17$ um. Se concluye que existe una diferencia estadísticamente significativa del pulido proporcionado en la cerámica de disilicato de litio entre las tres casas comerciales estudiadas: Jota, Brasseler y Ultradent en cuanto a la disminución de rugosidad que generan en una superficie cerámica abrasionada. El kit de pulido intraoral que tuvo más eficacia en la disminución de la rugosidad fue el sistema de Ultradent con una medida de $0,31 \pm 0,04$ um, seguido del sistema de pulido Brasseler con $0,67 \pm 0,09$ um y el sistema Jota generó la mayor rugosidad superficial con $0,86 \pm 0,17$ um. El estudio estadístico demostró que el kit de pulido intraoral de Ultradent fue el que mejores resultados obtuvo en cuanto a la disminución de la rugosidad superficial de la cerámica de disilicato de litio.

Palabras clave: Cerámica dental, pulido, glaseado (*glaze*), rugosidad superficial, instrumentos intraorales.

ABSTRACT

For the study, 96 samples were obtained from 48 cylindrical thermocoupleable tablets OPC Pentron (Deutschland / Germany) of lithium disilicate, which were divided in 4 groups of 24 units each. The first group was the control group, which received no polishing or abrasion. The three following groups (2, 3 and 4) represented the commercial houses of Jota (Switzerland), Brasseler (USA) and Ultradent (USA) respectively. All ceramic samples, with the exception of the control group, were abraded with a medium grain diamond tip in a high speed handpiece to simulate removal of high contact points. Then, the three study groups were polished according to the system of each commercial house. For surface roughness analysis, a rugged SRT 6200 Portable Surface Roughness Tester was used. ANOVA and multiple comparison statistical tests were performed. The lowest value of roughness measurements was obtained in group 4 (Ultradent): $0.31 \pm 0.04 \mu\text{m}$, followed by group 1 (Control): $0.63 \pm 0.08 \mu\text{m}$, group 3 (Brasseler) with $0.67 \pm 0.09 \mu\text{m}$ and the one with the greatest roughness was obtained in group 2 (Jota) $0.86 \pm 0.17 \mu\text{m}$. It is concluded that there is a statistically significant difference of the polishing provided in the lithium disilicate ceramic between the three commercial houses studied: Jota, Brasseler and Ultradent in relation to the reduction of roughness that they generate in an abraded ceramic surface. The intraoral polishing kit that had the most efficiency in reducing the roughness was the Ultradent system with a measurement of $0.31 \pm 0.04 \mu\text{m}$, followed by the Brasseler polishing system with $0.67 \pm 0.09 \mu\text{m}$ and the Jota system generated the highest surface roughness with $0.86 \pm 0.17 \mu\text{m}$. The statistical study showed that the Ultradent intraoral polishing kit was the one that obtained better results in terms of the reduction of the surface roughness of the lithium disilicate ceramics.

Key words: Dental ceramics, polishing, glazing, surface roughness, intraoral instruments.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	6
Abstract.....	7
1. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Justificación	15
1.2 Objetivos.....	16
1.2.1 Objetivo general.....	16
1.2.2 Objetivos específicos	16
1.3 Hipótesis	17
2. MARCO TEÓRICO	18
2.1. La cerámica en odontología	18
2.1.1. Reseña histórica.....	18
2.1.2 Propiedades químicas y físicas de las cerámicas dentales.....	23
2.1.3 Clasificación de las cerámicas dentales.....	27
2.1.4 Cerámicas de Disilicato de Litio	32
2.2 Mecanismos de refuerzo de las cerámicas odontológicas.....	35
2.2.1 Glaseado	37
2.2.2 Pulido de superficies cerámicas.....	40
2.2.3 Sistemas de pulido de superficies cerámicas.....	41
2.3 Efectos adversos al no tener una superficie cerámica pulida o glaseada	50
2.3.1 Ajuste oclusal intraoral en restauraciones cerámicas	52
2.4 Pulido vs. glaseado de las cerámicas	53
2.4.1 Comparación entre el pulido y glaseado de las cerámicas dentales y su relación con la resistencia flexural.....	55
2.4.2 Comparación entre pulido y glaseado de las cerámicas dentales y su relación con la porosidad y sistemas de pulido.....	56
2.4.3 Comparación entre pulido y glaseado de las cerámicas dentales y su relación con dientes antagonistas	61
2.4.4 Comparación entre pulido y glaseado de las cerámicas dentales y su relación con la estabilidad del color.....	64
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	67
3.1 Tipo de Estudio.....	67
3.2 Población	67
3.2.1 Muestra.....	68
3.3 Materiales.....	70
3.5 Metodología.....	74
3.5.1 Grupos de estudio	74
3.5.2 Tratamiento de las superficies de las cerámicas	78
3.5.3 Requisitos para la estandarización de los procedimientos.....	86
3.5.4 Medición de la rugosidad superficial de las muestras	90
3. RESULTADOS	94
5. DISCUSIÓN.....	102
6. CONCLUSIONES.....	108

7. RECOMENDACIONES	109
8. BIBLIOGRAFÍA	111
9. ANEXOS	117
9.1 Anexo 1: Certificado de pruebas de medición de rugosidad superficial realizadas en el laboratorio de Metrología de la empresa "Metrólogo Medidas" por el ingeniero Edwin Hernán Tayupanta Mena	117
9.2 Anexo 2: Informe técnico de las mediciones de rugosidad superficial realizadas por el ingeniero Edwin Hernán Tuyapanta Mena en el laboratorio de metrología "Metrólogo Medidas"	119

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 3G OPC Pentron (Jeneric/Pentron Deutschland/Alemania).	67
Figura 2: Pastilla cilíndrica termoprensable de disilicato de litio 3G OPC Pentron (Jeneric/Pentron Deutschland/Alemania)	68
Figura 3: Diámetro de 11 mm de pastilla cilíndrica termoprensable de disilicato de litio 3G OPC Pentron	69
Figura 4: Altura de 9 mm de pastilla cilíndrica termoprensable de disilicato de litio 3G OPC Pentron	69
Figura 5: Jota kit 1399 Ceramic Polisher (Switzerland)	70
Figura 6: Intra- oral Dialite HP Porcelain Adjustment Polishing kit k0193 (Brasseler, USA)	71
Figura 7: Kit Jiffy Universal Intra- Oral Adjusting & Polishing (Ultradent, USA)	71
Figura 8: Diamond Polish de 1.0 μm (Ultradent Productis Inc. UT, USA)	72
Figura 9: Fresa troncocónica de grano medio MDT (Micro Diamond Technologies) (Israel)	72
Figura 10: Fresa troncocónica de grano fino MDT (Micro Diamond Technologies) (Israel)	72
Figura 11: Pieza de mano de alta velocidad W&H	73
Figura 12: Pieza de mano de baja velocidad (micromotor) W&H	73
Figura 13: Kit de discos de fieltro Diamond FGM (Brasil)	73
Figura 14: Disco de fieltro Diamond FGM con mandril metálico	74
Figura 15: Muestra # 1 del grupo control. (Pastilla de disilicato de litio termoprensable 3G OPC Pentron cara superior)	75
Figura 16: Muestra # 1 del grupo control. (Pastilla de disilicato de litio termoprensable 3G OPC Pentron cara inferior)	75
Figura 17: Muestras experimentales (pastillas de disilicato de litio termoprensable 3G OPC Pentron)	76
Figura 18: Muestra # 1 de grupo experimental de la casa comercial "Jota" y trazado de zona de pulimiento.	77
Figura 19: Muestra # 16 de grupo experimental de la casa comercial "Brasseler"	77
Figura 20: Muestra # 7 de grupo experimental de la casa comercial "Ultradent"	78
Figura 21: Desgaste de superficie experimental con fresa tronco-cónica de diamante de grano medio (MDT, Micro Diamond Technologies; Israel), empleando abundante irrigación de agua	79
Figura 22: Desgaste de superficie experimental con fresa tronco-cónica de diamante de grano fino (MDT, Micro Diamond Technologies; Israel), empleando abundante irrigación de agua	79
Figura 23: Pulidor de cerámica de diamante: primer paso (jota kit 1399 Ceramic Polisher, Switzerland)	80
Figura 24: Pulidor de cerámica de diamante: segundo paso (jota kit 1399 Ceramic Polisher, Switzerland)	80
Figura 25: : Pulidor de cerámica de diamante: tercer paso (jota kit 1399 Ceramic Polisher, Switzerland)	81
Figura 26: Pulidor de cerámica de diamante: primer paso (Intra- oral Dialite HP Porcelain Adjustment Polishing kit k0193, Brasseler, USA)	81

Figura 27: Pulidor de cerámica de diamante: segundo paso (Intra- oral Dialite HP Porcelain Adjustment Polishing kit k0193, Brasseler, USA)	82
Figura 28: Pulidor de cerámica de diamante: tercer paso (Intra- oral Dialite HP Porcelain Adjustment Polishing kit k0193, Brasseler, USA)	82
Figura 29: Pulidor de cerámica de diamante: primer paso (Kit Jiffy Universal Intra- Oral Adjusting & Polishing, Ultradent, USA)	83
Figura 30: Pulidor de cerámica de diamante: primer paso (Kit Jiffy Universal Intra- Oral Adjusting & Polishing, Ultradent, USA)	83
Figura 31: Colocación de pasta diamantada en muestra pulida con sistema "Jota", (Diamond Polish de 1.0 μm (Ultradent Products Inc. UT, USA)	84
Figura 32: Pulido con disco de fieltro Intraoral Diamond FGM con mandril metálico y pasta diamantada en muestra pulida con sistema "Jota", (Diamond Polish de 1.0 μm (Ultradent Products Inc. UT, USA), utilizando pieza de mano de baja velocidad.	84
Figura 33: Colocación de pasta diamantada en muestra pulida con sistema "Brasseler", (Diamond Polish de 1.0 μm (Ultradent Products Inc. UT, USA)	85
Figura 34: Pulido con disco de fieltro Intraoral Diamond FGM con mandril metálico y pasta diamantada en muestra pulida con sistema "Brasseler", (Diamond Polish de 1.0 μm (Ultradent Products Inc. UT, USA), utilizando pieza de mano de baja velocidad.	85
Figura 35: Colocación de pasta diamantada en muestra pulida con sistema "Ultradent", (Diamond Polish de 1.0 μm (Ultradent Products Inc. UT, USA)	86
Figura 36: Pulido con disco de fieltro Intraoral Diamond FGM con mandril metálico y pasta diamantada en muestra pulida con sistema "Ultradent", (Diamond Polish de 1.0 μm (Ultradent Products Inc. UT, USA), utilizando pieza de mano de baja velocidad.	86
Figura 37: Lavado de muestras con abundante agua y aire con jeringa triple	89
Figura 38: Almacenamiento de las muestras en frascos plásticos	90
Figura 39: Rugosímetro SRT 6200 Portable Surface Roughness Tester	91
Figura 40: Nivel sobre la muestra de cerámica fija con plastilina	92
Figura 41: Medición de rugosidad superficial de muestra experimental con Rugosímetro SRT 6200 Portable Surface Roughness Tester	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Medidas de rugosidad por espécimen y grupo (um)</i>	94
Tabla 2: <i>Estadísticos descriptivos de la distribución de rugosidad por grupo</i>	96
Tabla 3: <i>Resultados del test de normalidad</i>	98
Tabla 4: <i>Rugosidad media y DS por grupo (um)</i>	99
Tabla 5: <i>Resultados ANOVA</i>	100
Tabla 6: <i>Resultados de test de Tukey</i>	100

TABLA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Medida de la rugosidad	96
Gráfico 2: <i>Caja y Bigotes para la distribución de rugosidad por grupo</i>	97
Gráfico 3: Rugosidad media por grupo (um)	99

1. INTRODUCCIÓN

La cerámica dental es uno de los materiales más desarrollados y utilizados dentro de la ciencia odontológica. Con los avances en la tecnología, hoy en día la estomatología se ve beneficiada con el apareamiento de materiales cerámicos biocompatibles que presentan una mejor estética y a la vez adecuadas propiedades mecánicas. De igual manera, el laboratorista se encarga de dejar superficies lisas en las cerámicas por medio del glaseado y pulido extraoral, para así lograr, principalmente, la preservación de los tejidos dentarios antagonistas, consiguiendo un módulo de elasticidad comparable con las piezas naturales, brindando así, comodidad para el paciente (Bona, 2009).

Sin embargo, a pesar de las ventajas que presentan las cerámicas actuales, clínicamente existen dificultades, ya que en la mayoría de casos, las restauraciones cerámicas deben ser ajustadas en su oclusión, por detectarse puntos altos de contacto que impiden los movimientos armónicos de la mandíbula y que llevan a posiciones de acomodo de la misma, originando disfunción témporo-mandibular al cambiar la oclusión. Muchas veces éstos materiales deben ser manipulados intraoralmente por el clínico para realizar un ajuste oclusal obligatorio, por lo general con instrumentos rotatorios de alta velocidad, provocando rugosidades indeseadas en las cerámicas. Estas superficies rugosas provocadas por el operador deben ser pulidas correctamente, para de esta manera evitar desgastes excesivos en los dientes antagonistas, acumulación de placa bacteriana y la disminución en la resistencia de la cerámica con el consecuente riesgo de fractura (Saiki, Koizumi, Akazawa, & Kodaira, 2016) (Bona, 2009).

1.1 Justificación

En la práctica diaria odontológica, el rehabilitador oral debe hacer ajustes en boca de las restauraciones cerámicas indirectas, pues los puntos altos o interferencias oclusales provocan daños irreversibles en la articulación témporo-mandibular, así como desgastes no deseados en el esmalte de dientes antagonistas. Por lo tanto, muchas veces la porcelana debe ser manipulada en boca, provocando rugosidades inaceptables, las cuales deben pulirse intraoralmente de manera adecuada.

Existen diferentes sistemas de pulido intraoral para cerámica, así como, distintas casas comerciales. Sin embargo, no todas las marcas han sido probadas en cuanto a su eficacia. Por esa razón es importante conocer con evidencia científica qué sistemas de pulido de cerámica y sus protocolos son más válidos. El objetivo de este estudio es evaluar tres distintos sistemas de pulido intraoral de porcelana para determinar cuál casa comercial produce una menor rugosidad en la superficie de la cerámica de disilicato de litio.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Comparar los efectos de tres diferentes sistemas de pulido intraoral de cerámica después de ser sometida a desgastes con una fresa de diamante, comprobando su eficacia en la eliminación de la rugosidad en la porcelana de disilicato litio, al medir la rugosidad superficial a través de un rugosímetro SRT 6200 Portable Surface Roughness Tester.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Establecer el grado de disminución de la rugosidad superficial con la utilización de kits de pulido intraoral de cerámica y sus respectivos protocolos de uso de las siguientes casas comerciales: Porcelain Polishing Kit (Jota AG, Ruthi/SG Switzerland), Intra- oral Dialite HP Porcelain Adjustment Polishing kit (Brasseler, USA) y Kit JIFFY Universal Intra-Oral Adjusting & Polishing (Ultradent, USA)
2. Determinar estadísticamente el sistema de pulido cerámico intraoral que proporciona la menor rugosidad.

1.3 Hipótesis

- Existe una diferencia significativa entre los niveles de rugosidad superficial brindada por los tres diferentes sistemas de pulido intraoral de porcelana, aplicados a cerámica de disilicato de litio.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La cerámica en odontología

2.1.1. Reseña histórica

El término “cerámica” se origina de la palabra griega “*keramos*”. Las cerámicas más antiguas, creadas por el hombre, aparecieron hace 26.000 años. Se han documentado cerámicas de esa época localizadas en República Checa, con formas de animales, figuras humanas, placas y esferas. Estos objetos eran fabricados con hueso animal, grasa, mezcladas a la vez con ceniza ósea y un material similar a la arcilla. Una vez que las cerámicas tenían la forma deseada, éstas eran sometidas a una cocción, a una temperatura de 500 a 800°C. A pesar de que no se ha registrado la razón exacta de por qué se fabricaban estas cerámicas, se ha encontrado que no tenían una utilidad práctica (Bona, 2009).

Según Bona (2009), el primer uso de la cerámica en vasijas, fue en el año 9000 a. C, de igual manera, la antigua elaboración del vidrio se relaciona directamente con la fabricación de cerámicas, hechos que fueron encontrados en Egipto, en el año 8000 a.C. El vidrio es un compuesto formado de materia inorgánica, no metálico y que no contiene estructura cristalina. Cuando la cerámica es cocida, la arena, la cual contiene óxido de calcio (CaO) al ser combinada con óxido de sodio (Na₂O₂), y el sometimiento a altas temperaturas, da como resultado un *glaze* de color, sobre la porcelana. Los hechos históricos determinan que el vidrio fue producido de manera separada de las cerámicas y elaborado en distintas formas, a partir del año 1500 a. C.

Las cerámicas fueron desarrolladas a partir de tres materiales: el barro quemado, que era muy poroso y se elaboraba en baja temperatura, la piedra se molía y quemaba a una

temperatura más elevada que el barro, obteniendo un material con menor porosidad y, la porcelana que es obtenida de la arcilla blanca de China, con la piedra de Javre, donde se conseguían objetos más resistentes (Bottino, Ferreira, Miyashita, & Giannini, 2001).

Los primeros intentos del uso de porcelanas presentaban varios errores, como la mezcla de agua y arcilla demasiado pegajosa, así como la liberación de gases (CO_2), provocando una porosidad excesiva. El aumento de la temperatura en la cocción permitía una eliminación parcial de dicha porosidad, sin embargo, no podían contener líquidos. En Turquía, se descubrió que una fina capa de vidrio, llamada "glaze", minimizaba prácticamente en la totalidad la rugosidad agrietada (Kina & Bruguera, 2008).

En China, en el año 100 a.C., apareció la técnica para confección de objetos de cerámica, "stoneware", donde la cerámica era blanca, presentaba paredes finas (se podía ver la luz a través) y al estrecharla se producía un sonido como campana. Este método fue perfeccionado en el siglo X, y, no fue hasta el siglo XVII que la porcelana china llegó a Europa. En el continente europeo, las muestras de porcelana china o blanca fueron analizadas, encontrando compuestos como caolín, feldespato y sílice. La arcilla china, también conocida como caolín, es un componente proveniente de la caolinita, el cual está formado por silicato de aluminio hidratado ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$). El feldespato es una combinación de silicatos de aluminio, sodio y potasio. Por otro lado, el sílice, también conocido como sílica, es en forma de cuarzo (Bona, 2009).

Los primeros objetos fabricados por revestimientos de metal- cerámica fueron realizados en joyerías, donde se usaban vidrios o cerámica para revestir metales como oro y plata. Se confeccionaban piezas de arte con estos materiales como los "Fabergé imperial

Easter eggs”. Para que éstas técnicas lleguen al campo odontológico tuvo que pasar un siglo más (Kina & Bruguera, 2008).

En el año 1774, Alexis Duchateau, un farmacéutico francés, notó que los objetos metal- cerámicos eran resistentes a la abrasión y a las pigmentaciones. Duchateau sustituyó su prótesis de marfil de hipopótamo, la cual tenía un mal olor, por una dentadura de porcelana, sin embargo, presentaba varias dificultades por la contracción de la cerámica, por lo que Alexis se vio obligado a buscar ayuda del odontólogo Nicolas Dubois de Chemant. Así fue como se inició el uso de la cerámica en la odontología (Montagna & Barbesi, 2013) (Rosenstiel, Land, & Fujimoto, 2017).

N. Dubois de Chemant publicó el primer tratado de dientes artificiales en el año de 1789. Seguido de esto, Dubois de Chemant, se mudó a Inglaterra, donde perfeccionó las técnicas del uso de porcelana en la fábrica J. Wedgwood. Después de este acontecimiento, el método se propagó en Europa, donde inició la confección de prótesis parciales y totales de cerámica (Montagna & Barbesi, 2013).

C. H. Land, en el año de 1887, realizó las primeras incrustaciones y coronas cerámicas con la técnica de lámina de platino en un horno de gas, sin embargo, esta técnica presentaba numeroso riesgos, por lo que no se popularizó (Rosenstiel et al., 2017). A partir del siglo XIX, las cerámicas en odontología se fueron desarrollando debido al apareamiento de las prótesis fijas. En el año de 1956 se utilizaron las primeras porcelanas con aleaciones de oro, pero estas restauraciones metal- cerámicas no fueron comercializadas hasta 1962. El sistema utilizado para la confección de restauraciones de metal- porcelana era el VMK de la casa Vita Zahnfabrik, creado por M. Weinstein y A. B. (Montagna & Barbesi, 2013).

En 1965 se desarrollaron restauraciones totales indirectas de cerámica reforzada con óxido de aluminio, también conocida como alúmina, las cuales eran más resistentes a la fractura. De igual manera a inicios de los años 60, las cerámicas se producían por medio de fundición al vacío, lo cual disminuía enormemente la porosidad. También aparecieron las porcelanas integrales con núcleo de cerámica feldespática reforzada con el 40% al 50% de alúmina, que presentaban un revestimiento por estratificación. Este material tenía un módulo de elasticidad de 132 MPa (Montagna & Barbesi, 2013).

2.1.1.1 Cerámicas integrales

A partir del año de 1975, Jones y Wilson determinaron que el desarrollo en las cerámicas sólo se daría con cambios en las técnicas y la composición de los materiales. (Bona, 2009). Es por esta razón, que Montagna, (2013), describe a los posteriores avances en la metodología de elaboración de porcelana como cerámicas integrales. El desarrollo de la cerámica integral se dio de manera considerable a partir de los años 80 (Montagna & Barbesi, 2013).

Grossman, en el año de 1984 popularizó la vitrocerámica por fusión con base de mica fluorada tetrasilícea, usando la técnica de inyección y un procedimiento de cristalización, la cual fue comercializada por Dicor Dentsply International. El método de moldeado por inyección es un colado donde se aplica la técnica de cera perdida con fundidoras de estratificación. Éste tipo de porcelana presentaba un resistencia a la flexión de 152 MPa, y se obtenían restauraciones totales indirectas con un 50% de translucidez que eran personalizadas por medio de estratificación. Sin embargo, éste método fue inutilizado ya que involucraba altos costos y elevados índices de fractura (Montagna & Barbesi, 2013).

Gracias a los estudios de Wohlven, en el año de 1991 se produjeron las vitrocerámicas a base de leucita (IPS Empress), las cuales tenían una resistencia a la flexión de 125 MPa. No pasó mucho tiempo para que en 1998 aparezcan las cerámicas de disilicato de litio, las cuales presentaban una resistencia a la flexión de 350-400 MPa. Estos materiales mejoraron sus propiedades por medio de nuevos métodos como el termoprensado, utilizando un lingote o pastilla del material procesado hasta su cristalización (Montagna & Barbesi, 2013). "Un lingote es una masa de material fundido dentro de un molde que permite su fácil manejo y estiba" (García, 1987).

2.1.1.2 Sistemas CAD- CAM

En el transcurso de los últimos años ha surgido un gran desarrollo de los materiales cerámicos, así como de sus técnicas. Uno de los más grandes avances en la odontología moderna es el apareamiento del CAD- CAM, el cual es conocido en inglés como: Computer aided desing- computer aided manufacture or computer aided machining. Gracias al uso del CAD- CAM hoy en día los procedimientos de laboratorio son más rápidos y existe menos margen de error en la fabricación de restauraciones con materiales cerámicos (Bona, 2009).

Los avances tecnológicos de los sistemas CAD-CAM, el desarrollo de nuevas cerámicas de alta resistencia y el alto costo de los metales nobles, han incrementado la popularidad de las restauraciones totalmente cerámicas. Del año 2008 al año 2014 los laboratorios Gidewell reportaron un aumento en el uso de restauraciones totalmente cerámicas del 23.9% al 80.2%. Debido a las fisuras producidas en restauraciones parciales

y totales de cerámica, se promovió el uso de sistemas monolíticos con materiales con alta resistencia como el disilicato de litio y la zirconia (Lawson N. , Janyavula, Syklawer, McLaren, & Burgess, 2014).

2.1.2 Propiedades químicas y físicas de las cerámicas dentales

2.1.2.1 Propiedades químicas de las cerámicas dentales

La materia está compuesta por átomos y moléculas que se unen entre sí por medio de interacciones atómicas. La disposición de los átomos y su naturaleza son los determinantes de la composición de un sólido y de su microestructura, por lo tanto también de las propiedades del material. Cuando dos átomos se aproximan, éstos se pueden enlazar para formar una molécula por medio de los tres enlaces químicos primarios: covalente, iónico o metálico. (Bona, 2009).

Un enlace covalente se define como aquel en el cual dos átomos de igual o distinta naturaleza comparten sus electrones de valencia para formar una unión (Henostroza, Garone, Steenbecker, & Edelberg, 2010). "Cuando dos átomos se acercan, uno al otro, las órbitas de los electrones comienzan a coincidir, se forma una órbita molecular en la cual dos electrones se comparten entre dos núcleos" (Montagna & Barbesi, 2013). Se forma un enlace direccional que puede ser tan fuerte como el diamante o tan débil como el bismuto. Este tipo de enlace se encuentra en las resinas compuestas y las cerámicas odontológicas, en estos materiales los átomos de carbono de silicio tienen cuatro electrones en la capa de valencia que están formando configuraciones híbridas sp^3 que se pueden estabilizar al combinarse con oxígeno o hidrógeno (Montagna & Barbesi, 2013).

Un enlace iónico se da entre dos átomos de igual o distinta naturaleza que se conectan, donde uno de ellos transfiere sus electrones de valencia, los cuales son captados por otros átomos o él mismo y se formará un compuesto molecular estable (Henostroza et al, 2010). Los enlaces iónicos resultan de la atracción mutua de aniones (cargas negativas) y cationes (cargas positivas), donde se reduce la energía total a medida que éstos se aproximan. La energía de unión es grande, por lo que se necesitan altas temperaturas de fusión. La temperatura de fusión se refiere a una temperatura de equilibrio donde el sometimiento a calor de un compuesto puro o sustancia produce un cambio de estado sólido a líquido. Es importante conocer que los enlaces iónicos son duros, friables y aislantes tanto térmicos como eléctricos. Los enlaces iónicos predominan en los materiales cerámicos (Bona, 2009).

Por otro lado, los enlaces metálicos se dan cuando un conjunto de átomos metálicos se atrae, y forman una "nube" de electrones libres alrededor de los átomos. Esto ocurre porque los átomos de los elementos del lado izquierdo de la tabla periódica tienen una cantidad pequeña de valencia, en ellos se alcanza una estructura estable al perder estos electrones externos. Estas estructuras agrupadas, tienen electrones de menor energía en comparación a los átomos individuales, por lo que tienen una excelente conductividad térmica y eléctrica (Henostroza et al., 2010).

Las cerámicas utilizadas en odontología están formadas por elementos metálicos y no metálicos como: nitruros, silicatos y óxidos. Los materiales cerámicos son elementos muy estables gracias a su alta resistencia de unión primaria con enlaces iónicos y covalentes y a su alta eficiencia de empaquetamiento atómico. La eficacia de empaquetamiento atómico es una estructura cristalina que es ocupada por átomos o iones.

Las cerámicas, entonces, pueden encontrarse como sólidos cristalinos (cuyos átomos están distribuidos uniformemente) o vidrios (amorfo) (Kina & Bruguera, 2008).

Los materiales cerámicos son productos inorgánicos de la naturaleza, formados en su mayoría de elementos no metálicos, y son obtenidos por la acción del calor, donde su estructura final es parcial o totalmente cristalina. La mayoría de cerámicas odontológicas presentan una estructura mixta, es decir están formadas por una matriz vítrea donde se encuentran inmersas partículas de minerales cristalizados. Es de gran importancia conocer, que los elementos vítreos son los responsables de la estética de la cerámica, mientras que la fase cristalina tiene influencia en la resistencia. Por lo tanto, la microestructura de las porcelanas tiene una gran importancia clínica, pues el comportamiento mecánico y estético de estos materiales depende directamente de su composición. (Martínez, Pradíes, Suárez, & Rivera, 2007)

Según Bona (2009), cuando la temperatura de una sustancia cambia, la energía acumulada en los enlaces intermoleculares entre los átomos también varía. Cuando la energía almacenada se incrementa, aumenta también la distancia de los enlaces moleculares. El resultado de este fenómeno es que los sólidos se expanden al calentarse y se contraen al enfriarse.

La porcelana dental tradicional es una cerámica vitrificada, está compuesta fundamentalmente de elementos químicos, minerales cristalinos como: feldespato, cuarzo, alúmina (óxido de aluminio) y a veces caolín, en una matriz vitrificada (Bottino et al., 2001).

2.1.2.2 Propiedades físicas de las cerámicas dentales

Uno de los objetivos principales de la odontología durante la historia ha sido encontrar materiales que se asemejen a los dientes naturales. Por esa razón se despertó un gran interés por las porcelanas dentales. Es importante comprender que las cerámicas presentan propiedades similares a las del esmalte y la dentina. Estas propiedades son la dureza, la densidad, el módulo de elasticidad, resistencia a la flexión, el coeficiente de expansión térmica y la conductividad térmica (Geissberger, 2012).

Cuando se habla de dureza en un material restaurador odontológico, se refiere a la resistencia del material a la deformación plástica localizada, que puede ser la abrasión o penetración de una superficie. La dureza de las cerámicas se mide mediante un penetrador de Vickers. Por otro lado, la densidad de una cerámica es la masa propia del material (m) por unidad de volumen (V). La densidad (ρ), es la responsable de reflejar el tamaño de sus átomos, así como su comportamiento y la eficacia con las que los átomos se empaquetan para llenar un espacio (Bona, 2009).

En cuanto al módulo de elasticidad, también conocido como módulo de Young (E), este es el nivel de flexibilidad o rigidez de un material dentro de su rango elástico. Por lo tanto, al hablar de módulo de elasticidad, se refiere a que el material se deforma de manera directamente proporcional al estrés aplicado (Montagna & Barbesi, 2013).

Una de las propiedades más importantes de una cerámica es la resistencia a la flexión, la cual, se mide en mega pascales (Mpa), y está relacionada con la resistencia a la fractura de los materiales así como a su durabilidad. Las cerámicas odontológicas presentan una resistencia a la flexión que varía de 140 – 1300 Mpa (Geissberger, 2012).

Por otro lado, la conductividad térmica es la capacidad de un material para transmitir energía calórica. Cuando se habla de conductividad térmica se refiere al calor específico de una sustancia que es la cantidad de calor necesario para incrementar la temperatura en el grado centígrado de una unidad de masa en cal/g°C. Es importante conocer que el calor específico se reparte mediante tres diferentes tipos de energía: energía que aumenta el nivel energético de los electrones, energía de vibración de los átomos alrededor de las posiciones reticulares de equilibrio y energía para la modificación de las posiciones de los átomos. Los acontecimientos de absorción de energía pueden ser activados con calor (Montagna & Barbesei, 2013).

2.1.3 Clasificación de las cerámicas dentales

Hoy en día existe una gran variedad de materiales cerámicos disponibles en el mercado, por lo tanto, es fundamental que el profesional tenga un conocimiento básico de las etapas de producción del material, así como su composición y clasificación. Las cerámicas dentales se clasifican de la siguiente manera: según su temperatura de fusión, por su grado de resistencia mecánica, según el método de fabricación y según su composición. (Miyashita & Salazar Fonseca, 2005).

Las porcelanas dentales se clasifican según su temperatura de fusión en: alta fusión (mayor a 1300 °C), media fusión (1101- 1300°C), baja fusión (850 - 1100°C) y ultra bajo punto de fusión (menor a 850 °C). Algunas cerámicas de ultra baja fusión se usan con ligas de titanio (Miyashita & Salazar Fonseca, 2005) .

Según Saldarriaga (2014), las cerámicas dentales se clasifican según su nivel de resistencia mecánica en baja resistencia (100-300 MPa), como las cerámicas feldespáticas,

resistencia moderada (300-700MPa), como las vitrocerámicas reforzadas con disilicato de litio o leucita, así como también las porcelanas aluminosas, y alta resistencia (por encima de 700 MPa): como todas las cerámicas zirconiosas.

La clasificación de las cerámicas según su método de confección o fabricación se divide en tres grupos: condensación sobre muñón refractario, sustitución de la cera perdida y tecnología asistida por ordenador (Martínez et al., 2007).

La técnica de condensación sobre muñón refractario consiste en la obtención de un segundo modelo de trabajo, la porcelana se aplica de manera directa sobre troqueles termo-resistentes, donde una vez sinterizada, se elimina el muñón y se coloca la prótesis en el modelo primario. Los sistemas que se usan con esta técnica son: Optec-HSP® (Jeneric), Fortress® (Myron Int), In- Ceram® Spinell (Vita), etc. (Martínez et al., 2007).

El método de la cera perdida se basa en el modelado de un patrón de cera que se transformará, mediante un proceso de inyección, en una estructura cerámica (Martínez et al., 2007). La cerámica inyectada ofrece dos modalidades de elaboración: se puede realizar toda la restauración o solo el núcleo (Magne & Besler, 2006). Esta técnica es muy similar a la que se efectúa con el metal. Al inicio se encera el patrón que representa la cofia interna o la restauración completa, la cual será llevada a un cilindro de yeso para calcinar la cera. Seguido de esto, se procede a calentar la cerámica (en forma de pastilla o lingote) hasta su punto fusión. Para conseguir que la cerámica ingrese al interior del cilindro de yeso, se realiza un procedimiento de inyección, por medio de un pistón que empuja la porcelana fluida hacia el molde. Varios estudios han determinado que este método proporciona un aumento en la resistencia de la cerámica, ya que se ve disminuida la porosidad y brinda una

distribución uniforme de los cristales en la matriz. Los sistemas más representativos de esta técnica son: IPS Empress® y IPS E.Max® Press (Ivoclar) (Martínez et al., 2007).

En cuanto a la tecnología por ordenador, se refiere directamente a los sistemas CAD- CAM), los cuales permiten confeccionar restauraciones de cerámica muy precisas y de manera cómoda y rápida. Todos los sistemas CAD- CAM se realizan por medio de tres fases: digitalización, diseño y mecanizado. Hoy en día, varios autores han mencionado, que la tecnología CAD/CAM se impondrá a los métodos de confección manual. Los sistemas más utilizados de este método a nivel mundial son: Cerec® (Sirona), Procera® (Nobel Biocare), Lava® (3M Espe), DCS® (DCS), Cercon® (Dentsply), Eve- rest® (Kavo), Hint- Els® (Hint-Els), etc. (Martínez et al., 2007)

Según la estructura observable en un microscopio electrónico, la cerámica se clasifica en cerámicas de silicato (cerámicas vítreas y feldespáticas) y cerámicas policristalinas u oxidocerámicas (Montagna & Barbesi, 2013). De igual manera, Fradeani (2006), clasifica a las cerámicas en dos grandes grupos: las cerámicas con base de silicato que incluyen a las cerámicas feldespáticas y a las vitrocerámicas y las cerámicas de alta resistencia que incluyen a la alúmina y al zirconio.

2.1.3.1 Cerámicas con base de silicato

La principal característica de las cerámicas a base de silicato es su notable translucidez, brindando características naturales al material. Sin embargo, las altas características estéticas impiden que existan propiedades de resistencia elevadas. Las cerámicas silicáticas se dividen en dos grupos: cerámicas de feldespato y vitrocerámicas. Las cerámicas feldespáticas son las comúnmente utilizadas como material de estratificación

en restauraciones de metal-cerámica y la fabricación de carillas. La cerámicas de feldespato presentan una resistencia a la flexión *in vitro* bajo, de 100 MPa (Fradeani & Barducci, 2006).

Las vitrocerámicas, son reforzadas con ciertos cristales en la matriz vítrea, estos cristales de refuerzo son la leucita o el disilicato de litio. Estos materiales se pueden emplear para fabricar restauraciones de capa única o para proporcionar finas capas que luego serán revestidas con cerámica de estratificación o presión. Estas cerámicas pueden ser utilizadas como restauraciones individuales, sobretodo en el sector anterior. La resistencia a la flexión de estos materiales es de 120 MPa para las vitrocerámicas a base de leucita, y de 350 a 400 MPa para las reforzadas con disilicato de litio. Un ejemplo de vitrocerámica reforzada con leucita es la IPS Empress, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein. Por otro lado, un ejemplo de vitrocerámica reforzada con bisilicato de litio, es la IPS Empress 2, E- Max, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein (Fradeani & Barducci, 2006).

Las cerámicas silicáticas tienen una estructura bifásica, y están compuestas por cristales de refuerzo (fase dispersa) que se sumergen en una matriz de vidrio fundido (fase vítrea o amorfa). Las cerámicas de silicato son materiales frágiles, que incluyen productos con estructuras diferentes y químicas: cerámicas de alto contenido de feldespato (vidrios feldespáticos) y baja cantidad de cristalinidad (15%), Las cerámicas de bajo contenido feldespático y reforzadas con cristales de leucita o alúmina tienen una cristalinidad del 40% al 50% y las vitrocerámicas a base de leucita, de nanoflourapatita, de disilicato de litio, se obtienen por medio de procesos de cristalización guiada de los núcleos de cristalitas (Montagna & Barbesi, 2013).

2.1.3.2 Cerámicas policristalinas

Según Montagna & Barbesi (2013), las cerámicas policristalinas están constituidas por una estructura monofásica, que se compone por átomos y moléculas organizadas de manera de retículo tridimensional regular y periódico. De igual manera, estas cerámicas son sustancias puras y con un mono- componente (90%) que no contienen matriz intermedia. Se generan por sinterización compacta que carece de intersticios y presentan propiedades mecánicas elevadas compuestas de: alúmina pura y zirconio estabilizado con itrio (Y-TZP).

Las cerámicas policristalinas también se conocen como cerámicas de alta resistencia, en este grupo nos encontramos con los sistemas a base de óxido de aluminio (Al_2O_3) y el óxido de zirconio. El uso común de estos materiales es en la confección de subestructuras por dos razones principales: 1) su alta resistencia y 2) menor paso de luz. Por lo tanto, estas características, hacen que estas cerámicas se usen más en el sector posterior (Fradeani & Barducci, 2006) .

Por otro lado, las cerámicas aluminosas infiltradas con vidrio son parte de las óxido-cerámicas de sinterización porosa, están formadas por una estructura polifásica en donde los intersticios amplios de la estructura cristalina se infiltran con vidrio (Montagna & Barbesi, 2013).

Para mejorar la apariencia de las coronas en dientes anteriores, se introdujeron las subestructuras cerámicas In- Ceram (Vita), para remplazar las bases metálicas anti-estéticas. Esta subestructura consta del infiltrado de partículas de alúmina sinterizadas con una viscosidad baja de vidrio para dar resistencia y color adecuado. Se reporta que este

material tiene una resistencia flexural de 236 a 578 MPa, el cual supera a otros sistemas totalmente cerámicos, con excepción de prodera AllCeram (Nobel Biocare). Por otro lado, la resistencia a la flexión de los laminados de feldespatos, porcelana Vitadur Alpha (Vita) solo llega a los 90 MPa. Se comprueba entonces, que la resistencia a la flexión de una carilla feldespática es menor que el que reporta una subestructura de alúmina sola (Chu, Frankel, & Smales, 2000).

Según Fradeani (2006), la alúmina con el ejemplo del sistema Procera (Pure Densely Sintered Alimina, Nobel Biocare, Suecia), presenta una resistencia in vitro de la subestructura de 500- 600 MPa. Se puede usar tanto en el sector anterior como posterior de forma de subestructura. Por otro lado, los sistemas de óxido de zirconio tienen una resistencia flexural de 1100 Mpa y se emplean para fabricar coronas individuales o puentes amplios anteriores o posteriores.

2.1.4 Cerámicas de Disilicato de Litio

Las cerámicas a base de disilicato de litio, son vitrocerámicas donde se incorpora mayor contenido cristalino con granos o cristales con otro índice de refracción, haciéndolas más opacas que las vitrocerámicas reforzadas con leucita (Bertoldi, 2012). Este sistema apareció con el fin de usar cerámica calentada y prensada para la confección de prótesis parciales fijas. La base química de este material es $\text{SiO}_2 - \text{LiO}_2$ (Bottino et al., 2001).

La cerámica vitrificada presenta una estructura cristalina, donde los cristales son embebidos por una matriz vítrea. Por lo general estas cerámicas tienen una concentración de cristales del 60% de disilicato de litio, los cuales miden entre 0,5 a 5 micras, y también presentan una segunda etapa cristalina que se compone de ortofosfato de litio (Li_3PO_4) con

partículas de pequeño tamaño de 0,1 a 0,3 micras. Estas características químicas y físicas hacen que el material tenga una resistencia a la flexión después del prensado de 350 a 400 MPa y a la vez, promueven a que el material tenga más tenacidad. Estas propiedades hacen que las vitrocerámicas reforzadas con disilicato de litio soporten cargas de 800 a 1200 N antes de fracturarse (Bottino et al., 2001).

Hoy en día el disilicato de litio se utiliza en prótesis monolíticas, estructuras de coronas tanto anteriores como posteriores y prótesis fijas (Montagna & Barbesi, 2013). Se recomienda que la vitrocerámica reforzada con disilicato de litio se use en coronas y para la confección de prótesis fijas en el sector posterior y anterior de tres elementos, sin embargo, no está recomendado que se extienda más allá del primer premolar. Es importante considerar que estos materiales brindan óptimas características estéticas, pero es necesario tomar en cuenta que requieren de una cuidadosa elección del paciente para evitar fracturas en fuerzas masticatorias excesivas. Los pónicos no pueden presentar un ancho superior a 8 mm y no se recomienda realizar cantiléver o extremos libres (Fradeani & Barducci, 2006) (Bottino et al., 2001).

Varios estudios han demostrado que las propiedades mecánicas de las prótesis fabricadas con cerámicas de disilicato de litio termoprensadas presentan una mejor resistencia biaxial y un mejor módulo de Weibull que los bloques de disilicato para CAD-CAM y vitrocerámicas reforzadas con leucita (Montagna & Barbesi, 2013).

2.1.4.1 Sistema IPS Empress II e IPS E.max (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)

En la búsqueda de mejorar el sistema de vitrocerámicas reforzadas con leucita y ampliar el número de indicaciones, a finales de los 90 se introdujo un material con

incorporación de cristales de disilicato de litio (60%). Este sistema se denominó IPS Empress II que presenta una resistencia a la flexión mejor al sistema IPS Empress o de primera generación, el cual se compone de cristales de leucita. En este material los cristales de disilicato de litio están dispuestos de forma dispersa y entrecruzados en una matriz vítrea, de esta manera, se previene la propagación de grietas (Alvarenga de Oliveira, 2014).

El sistema IPS Empress II se puede utilizar como una subestructura y recibir una cerámica de recubrimiento o puede ser una restauración con contornos finales y recibir un maquillaje (Figueroa, Goulart, Furtado de Carvalho, Pessoa, & Afonso de Miranda, 2014). Este material presenta excelentes propiedades ópticas y a la vez brinda características naturales a la restauración brindando una excelente estética sin dar una apariencia artificial. El IPS Empress II tiene amplias indicaciones como: carillas laminadas, inlays, onlays, coronas totales, prótesis adhesivas con aletas estéticas o prótesis fijas de tres elementos (Alvarenga de Oliveira, 2014)

La IPS e.max. es un sistema cerámico que permite la fabricación de todo tipo de restauración gracias a su mejorada propiedad mecánica al incorporar pastillas cerámicas de disilicato de litio (IPS e. max Press). En este sistema se utiliza la técnica de cera perdida. La IPS e. max está indicada para: inlays, onlays, carillas laminadas, subestructuras para coronas individuales, trabajos parciales en sector anterior o posterior. De igual manera, se fabricó una nueva pastilla de fluorapatita (IPS e. max ZirPress), para ser inyectada sobre subestructuras de zirconio (Alvarenga de Oliveira, 2014).

2.1.4.2 Sistema 3G OPC Pentron (Jeneric/Pentron Deutschland)

3G OPC Pentron es un sistema cerámico presentado en forma de lingotes o pastillas a base de disilicato de litio. Estas pastillas permiten la producción de estructuras, así como coronas y puentes completamente cerámicos (con un máximo de 3 unidades en la región anterior). 3G OPC Pentron está disponible en 24 colores de dentina y también es compatible con el óxido de YTZP- Zirconium. Este sistema viene con una tabla de opacidad y translucidez, permitiendo un resultado fiable al realizar la estratificación en la cerámica. A la vez, esta marca certifica, que el disilicato de litio, al ser una cerámica de baja fusión no presenta mayor desgaste en los dientes antagonistas (Jeneric /Pentron Deutschland, 2017).

2.2 Mecanismos de refuerzo de las cerámicas odontológicas

Es importante considerar, que a pesar de la biocompatibilidad y cualidades estéticas de las cerámicas en odontología, estos materiales son frágiles. Existe una susceptibilidad a la fractura en el momento de entrar en función o incluso al manipularlas. Hay dos factores básicos que pueden provocar una fractura: las grietas superficiales y los defectos en la fabricación. Hoy en día se usan técnicas que mejoran la resistencia y rendimiento de las cerámicas odontológicas y estas son: la transformación inducida por la fuerza, el refuerzo químico y el refuerzo cristalino (Rosenstiel et al., 2017).

Según Rosenstiel et al. (2017), las grietas superficiales son producidas en el momento del tallado. Por lo general una grieta mide entre 20 y 50 micras. Las fracturas en los materiales cerámicos aparecen desde una grieta de mayor tamaño, la cual determina la

resistencia a la fractura de una restauración. Los técnicos dentales y ceramistas pueden evaluar el fracaso de una grieta por medio de métodos estadísticos, donde analizan el tamaño de la grieta y su distribución espacial.

Existen defectos en la fabricación de las cerámicas, las cuales se pueden presentar durante los procesos de elaboración y consisten en surcos que aparecen durante la sinterización. Algunas veces, la condensación a mano de la cerámica fluida antes de la sinterización produce porosidades. Se ha confirmado, que la sinterización al vacío reduce la porosidad de las cerámicas de un 5,6 % a un 0,56%. La porosidad de una superficie de una vitrocerámica puede generar que se inicie una fractura desde la parte interna del material. Se ha demostrado, también, que las micro- fracturas que se dan en las cerámicas reforzadas con leucita, aparecen una vez que son enfriadas y se derivan de la falta de coordinación entre la matriz vítrea y la contracción térmica de los cristales (Rosenstiel et al., 2017).

El refuerzo cristalino se basa en la introducción de cristales en el material cerámico para de esta forma mejorar la resistencia a la fractura. Los cristales desvían la fractura que avanza para aumentar la resistencia a la fractura de materiales bifásicos (Rosenstiel et al., 2017). Hay dos factores microestructurales que conllevan al desvío de las fracturas: "las interfaces debilitadas entre los gránulos de los materiales monofásicos que se pueden producir por una sinterización incompleta y la deformación residual de los materiales bifásicos" (Rosenstiel, Land, & Fujimoto, 2017).

"La fase cristalina, cuya expansión térmica es mayor que la de la matriz, provoca fuerzas comprensivas tangenciales cerca de la interface cristal- matriz. Dichas fuerzas tangenciales tienden a desviar la fractura alrededor de la partícula. Las partículas de leucita tienen un mayor coeficiente de expansión térmica que la matriz vidriosa que la rodea. Tras

el enfriamiento, las fuerzas de compresión se desarrollan en la fase de cristal de leucita – matriz” (Rosenstiel et al., 2017).

En cuanto al refuerzo químico, es un método que se utiliza para incrementar la resistencia de los vidrios y cerámicas. Este refuerzo se basa en el intercambio de iones alcalinos por iones mayores que se encuentran debajo del punto de deformación de los materiales cerámicos. En esta temperatura no se puede dar la relajación de las fuerzas, por lo tanto, el intercambio promueve la formación de una capa de compresión en la superficie de la cerámica. Finalmente, cualquier carga que se aplique debe superar esta capa de compresión interna antes de que la superficie se pueda someter a tensión; esto produce un incremento de la resistencia a la fractura. En esta técnica se emplean sales alcalinas con un punto de fusión menor a la temperatura de transición del vidrio del material cerámico (Rosenstiel et al., 2017).

“Se ha comprobado que el refuerzo por intercambio de iones aumenta la resistencia a la flexión de la cerámica dental feldespática hasta el 80%, dependiendo de las especies iónicas implicadas y de la composición de la cerámica. La profundidad de la capa de iones intercambiados puede ser hasta de 50 micras. Sin embargo, esta técnica depende de la difusión y su cinética se ve limitada por el tiempo, a temperatura y el radio iónico de los iones intercambiados. En la industria del vidrio también se usa el “atemperamiento térmico” (enfriamiento rápido) como método de refuerzo (Rosenstiel et al., 2017).

2.2.1 Glaseado

El término “glaseado”, se define en la literatura como un recubrimiento con una sustancia vítrea que al someterse al calor, por medio de una cocción, se une a una superficie

cerámica, dándole a ésta color, reforzado e impermeabilidad. El *glaze* es de suma importancia en los objetos cerámicos de tipo jarrones, ya que impide la filtración de líquidos a través de la porcelana. De igual manera, el *glaze* es empleado para decorar, mejorar el diseño y textura de la cerámica (Bona, 2009).

Las superficies libres de porosidad de una cerámica dental, se pueden lograr por medio de una técnica de glaseado (Gonuldas, Yilmaz, & Ozturk, 2014). Según Bona (2009), en odontología, la cerámica glaseada es la capa externa cocida a temperaturas menores que la cerámica de esmalte y dentina, para de esta manera, producir un sellado fino en la superficie y distintos niveles de brillo según la condición del cocinado. Fehmi Gonuldas (2014), asegura que el método de glaseado involucra el sometimiento de la porcelana a temperaturas que van de 20 ° a 60 ° C, inferior a la temperatura de fusión de la cerámica.

Según (Mezzomo, 2010), el glaseado final se puede obtener de manera natural o por medio de un glaseador artificial, esto depende de las características de superficie deseadas. Para el glaseado artificial, el procedimiento inicia con la aplicación de un *glaze*, con o sin pigmentos, y se introduce la restauración al horno precalentado a 590 °C. por 5 minutos. Seguido de esto, se hornea la restauración de cerámica, aumentando 55 °C. por minuto hasta llegar a 890° C. Después la restauración debe enfriarse a temperatura ambiente.

Se considera al *glaze* dental como una apariencia superficial que se obtiene cuando el brillo cumple con cualidades estéticas y clínicas en boca. Rosenstiel (2017), afirma que el *glaze* superficial también refuerza las cerámicas. Cuando la cerámica se enfría, tras el sometimiento a altas temperaturas, el glaseado de baja expansión comprime la superficie de la porcelana, reduciendo el ancho y la profundidad de las porosidades superficiales.

Algunos autores también describen al autoglaseado como un método importante utilizado por los laboratoristas dentales. El autoglaseado es una técnica que consiste en realizar una cocción oxidante después del cocinado original, pero en este caso no se aplica un glaseado de baja expansión (Rosenstiel, Land, & Fujimoto, 2017).

Varios autores afirman que el *glaze* en las restauraciones cerámicas sella eficazmente los poros abiertos en la superficie de la porcelana. Una superficie libre de porosidad conseguida por el glaseado de la cerámica presenta efectos positivos en este material como (Owen, Reaney, & Newsome, 2012):

- Facilita los procedimientos de higiene oral.
- Mejora la función masticatoria al permitir el adecuado deslizamiento de los alimentos sobre las superficies del material de restauración.
- Reduce los niveles de desgaste de dientes antagonistas.
- Permite que la restauración presente una mejor estética y una mejor refracción de la luz.
- Reduce la probabilidad de acumulación de placa bacteriana, evitando a la vez la inflamación de tejidos blandos.
- Aumenta la resistencia mecánica de la restauración (Owen et al., 2012).

Es fundamental la quema del *glaze* para eliminar los defectos o porosidades producidas por las fresas. Es importante considerar que el glaseado no debe realizarse a temperaturas muy elevadas, ya que habrán cambios en la morfología conseguida en las cocciones anteriores. Por lo tanto, el glaseado debe efectuarse en temperaturas bajas, y sin aplicar una masa adicional de *glaze*, para no alterar la morfología conseguida (Kina & Bruguera, 2008).

2.2.2 Pulido de superficies cerámicas

Para poder entender cómo funcionan los sistemas de pulido, es necesario tener claro la siguiente terminología: abrasión, dureza, rugosidad de superficie, acabado y pulido (Güler, 2009). Según Phillips (2008), la "abrasión o desgaste" es la pérdida de material de una superficie provocada por una acción mecánica o a través de una combinación de acciones químicas y mecánicas. De igual manera, Phillips (2008) define a la "dureza" como la capacidad de un material a resistir la abrasión o desgaste. Güler (2009), define a la rugosidad de superficie (Ra) como irregularidades en la textura de un material, ésta se mide en micrómetros. Por otro lado, según Owen (2012), el término "acabado" se refiere a la eliminación de irregularidades marginales, definiendo contornos anatómicos y suavizando la rugosidad superficial de una restauración cerámica. Finalmente, el mismo autor, define la palabra "pulido" como un procedimiento efectuado después del acabado y destinado a eliminar los arañazos minúsculos de la superficie de la restauración para obtener un lustre suave, reflectante de la luz. Por lo tanto, el proceso de pulido se realiza con el objetivo de producir una superficie homogénea con mínima porosidad y defectos microscópicos.

El término "pulido en odontología" se define como un proceso refinado por el cual se eliminan partículas superficiales en una secuencia progresiva de instrumentos abrasivos siguiendo un orden de grano grueso a fino con la ayuda de cauchos, discos, tiras o pastas. Se debe tener en cuenta que la rugosidad del esmalte dental, en áreas de contacto de esmalte con esmalte es de $0,64 \mu\text{m}$ con una variabilidad de $\pm 0,2$ (Jefferies, 1998).

El pulido de una superficie cerámica aumenta su resistencia a la flexión. Sin embargo, su desgaste posterior puede alterar su resistencia, por esa razón hoy en día se

habla de varios métodos para pulir superficies de porcelana, pero no se ha llegado a un acuerdo o un protocolo que especifique cómo debe hacerse el pulimiento de la cerámica en boca (Fuzzi, Zacclieroni, & Vallnnia, 1996).

El pulido de la cerámica dental es una alternativa al reglaseado de las restauraciones de porcelanas que han sido abrasionadas (Manjuran & Sreelal, 2014). La efectividad del proceso de acabado y pulido, sin importar el material restaurador utilizado, está influenciada por los siguientes factores (Owen et al., 2012):

- Propiedades mecánicas del material cerámico.
- Diferencia de dureza entre el abrasivo y la superficie cerámica, cuanto mayor diferencia exista entre el material abrasivo y el material restaurador, más abrasivo será el efecto.
- Tamaño y dureza de las partículas y forma del abrasivo utilizado.
- Propiedades físicas del material de soporte o de unión utilizado para transportar el material abrasivo (por ejemplo, rigidez, elasticidad, flexibilidad, espesor, suavidad, porosidad).
- Velocidad y presión a las que se aplica el abrasivo al sustrato.
- Lubricación durante la aplicación del abrasivo (polímeros solubles en agua, glicerol, grasa de silicio, vaselina, etc.) (Owen et al., 2012).

2.2.3 Sistemas de pulido de superficies cerámicas

En la literatura y en la evidencia científica, se describen diferentes métodos de pulido mecánico, y se los compara con los patrones del glaseado natural de los dientes. Inicialmente, algunos estudios sugerían que la mayor suavidad en una superficie cerámica

se lograba por medio del glaseado, hoy en día la mayoría de investigaciones afirman que los métodos de pulido intraoral pueden igualar e incluso mejorar la suavidad del glaseado. (Magne & Besler, 2006)

En la actualidad, se acepta, que en cuanto a la estética de las restauraciones cerámicas, el mejor resultado se obtiene puliendo (Magne & Besler, 2006). Sin embargo, es importante considerar que el éxito en un pulido está directamente relacionado a condensación y cocción de la porcelana, por lo tanto, Magne (2006) recomienda la combinación del glaseado y el pulido para mejorar las características estéticas de la cerámica dental.

Cuando una superficie cerámica se encuentra rugosa, es necesario alisar estas zonas con piedras blancas limpias, siguiendo después con la utilización de gomas de grano progresivamente más fino. Por lo general, el grosor de grano viene indicado por unas bandas alrededor del tallo o cuello del instrumento, si no hay banda el grano es grueso, una banda amarilla es de grano medio, dos bandas amarillas o una banda blanca es de grano fino. De igual manera, existen en el mercado pastas que contienen polvo de diamante y se emplean con cepillos o copas. También es posible volver a glasear la porcelana una vez pulida (Shillingburg, Hobo, Whitsett, Jacobi, & Brackett, 2010).

Según Kina (2008), es importante que se utilicen fresas con puntas finas y se debe trabajar con baja velocidad para poder tener un máximo control sobre los detalles de la morfología de una restauración cerámica. Después de la caracterización respectiva en las concavidades es necesario realizar un pulido de la superficie, el cual se realiza con gomas diamantadas de grano medio o fino, pues las de grano grueso son muy abrasivas y pueden alterar la morfología de la restauración.

Al- Wahadni (1998), recomienda que cualquier restauración cerámica que ha sido ajustada en boca, debe ser pulida siguiendo los siguientes pasos:

- 1) Fresa de diamante de grano fino de 15 micrones
- 2) Piedra blanca
- 3) Fresón de caucho de silicona
- 4) Copa de caucho de silicona en combinación de pasta diamantada

La elección de la técnica de pulido de cerámica empleada para proporcionar una superficie tan lisa como una superficie glaseada ha sido un tema de discusión, por lo que se han realizado varios estudios (Al-Wahadni M. , 1998), demostrándose que no todos los sistemas de pulido producen una superficie tan lisa como la glaseada por lo que los sistemas de pulido deben ser seleccionados correcta y cuidadosamente (Raimondo, Richardson, & Wiedner, 1990).

2.2.3.1 Utilización de pasta diamantada

Patterson et al. (1991), examinaron la suavidad de superficie producida por un kit de pulido seguido por el uso de pasta adiamantada (Chameleon Diamond Paste), por medio de microscopio electrónico. Encontraron que la pasta era capaz de eliminar significativamente la rugosidad, sin embargo, no permitía una superficie tan lisa como la glaseada (Patterson, McLundie, Stirrups, & Taylor, 1991). Estos estudios presentan resultados similares al realizado por Haywood y colaboradores (1988) donde concluyeron que al utilizar un sistema de pulido empleando instrumentos con disminución del grosor de grano progresivo y la posterior utilización de pasta diamantada se obtiene una superficie cerámica lisa, más

no igual a la glaseada. De igual manera, Rocha et al. (2011), demostraron que los sistemas de pulido disminuyen la rugosidad superficial en las cerámicas provocada por el ajuste oclusal. Sin embargo, los sistemas de pulido no son capaces de devolver la vitrificación de la superficie.

Según Magar et al., (2012) sin importar el tipo de cerámica utilizada, ya sea IPS Empress, InCeram Alumina, IPS E.max o porcelana feldespática, todas las restauraciones cerámicas deben ser glaseadas o pulidas con una secuencia de instrumentos y terminar con la colocación de pasta diamantada, después de ser sometidas a cualquier tipo de abrasión con fresas. En un estudio realizado por Klausner et al. (1982), encontraron que al utilizar pasta diamantada al final del pulido en una restauración cerámica, no existía una diferencia significativa entre la superficie glaseada y la pulida. El pulido con pasta diamantada puede ser una buena alternativa para reemplazar al auto-glaseado sobre la rugosidad de la superficie de la cerámica y evitar la adhesión de bacterias. (Xue, Meng, & Tang, 2012). Sin embargo, la pasta sola no mejora la lisura de superficial (Sarac, Sarac, & Yuzbasioglu, 2006).

En un estudio realizado por Manjuran et al. (2014), demostraron que el pulido realizado con instrumentos con granos progresivamente más finos, seguido de una pasta de diamante logra una superficie menos rugosa que la superficie glaseada. Concluyendo que el pulido con un kit de ajuste de porcelana seguido de cera impregnada de partículas de diamante, creó superficies significativamente más lisas que los especímenes acristalados sin efecto negativo significativo sobre el color, y por lo tanto, puede ser una técnica superior al acristalamiento. De igual manera, Raimondo et al., (1990), compararon la rugosidad de superficie obtenida por 6 diferentes sistemas de pulido de cerámica. Concluyendo que el

sistema de pulido intraoral Shofu combinado con una pasta con partículas de diamante producía una superficie casi tan lisa como la glaseada. Confirmando esta evidencia, Scurria et al. (1994), encontraron que el uso de pasta adiamantada puede provocar una superficie más lisa que la glaseada.

Después de una extensa revisión de la literatura, se pudo concluir los siguientes cuatro puntos en cuanto al pulido de las cerámicas: 1) una vez que se ha realizado la ruptura de la capa de acristalamiento por medio de un ajuste en las restauraciones, la mejor opción para el pulido de la superficie dependerá del tipo de cerámica empleada; 2) cuando no es posible el reglaseado, el uso de discos abrasivos de goma y de papel de lija seguido del uso de pastas de pulido de diamante, dan como resultado una suavidad superficial satisfactoria; 3) existen escasos estudios clínicos del comportamiento de los protocolos de pulido, por lo que deberían ser alentados; 4) hay un alto número de variables que influyen en el resultado final del pulido y esto debe ser considerado al realizar estudios sobre el tema o en la misma práctica clínica (Da Silva, Rodrigues, Furtado, & Pagani, 2014) (Yilmaz & Ozkan, 2010).

2.2.3.2 Sistemas de pulido extraorales

Las ruedas de pulido están diseñadas para eliminar la rugosidad de superficie de restauraciones cerámicas en contornos inter- proximales y contornos de zonas oclusales. Estos instrumentos deben evitar ranuras de tinción profundas. Disponen de materiales de pulido seleccionados impregnados en polisiloxano flexible y resistente al desgaste para pulir de forma limpia, sin olor y generar una acumulación mínima de calor. Están disponibles en un prepolisher gris con granos de pulido estándares, o pulidor final rosado con los granos extra-finos (Dine, 2000)

A nivel del laboratorio y extraoral, generalmente, el pulido empieza con discos de silicona diamantada, y se sigue por un sobreglaseado con líquido glaseador también conocido como autoglaseado. Después se puede aumentar el brillo utilizando carbonato cálcico y piedra pómez usando cepillos y puntas de fieltro. En esta parte, es importante que se utilicen distintas velocidades de rotación, con los cepillos de pelo largo con velocidad alta para pulir superficies suaves y convexas, mientras que los cepillos de pelo corto, deberían usarse a baja velocidad, con el objetivo de acabar superficies onduladas y cóncavas (Magne & Besler, 2006).

2.2.3.3 Sistemas de pulido intraorales

El pulido de cerámica necesita un sistema coordinado y preciso, donde se deben utilizar instrumentos exactos para cada fase del trabajo, para de esta manera proporcionar los mejores resultados de eliminación de rugosidad en las superficies. El sistema intraoral de pulido, por lo general es de dos fases. Se inicia con pulidores de diamante, evitando siempre la presión excesiva. Y se completa el procedimiento con el uso de un cepillo de pelo de cabra y un disco de algodón para un acabado de alto brillo (Jota AG Rotary Instruments, 2017)

En un estudio realizado por Ahmet y colaboradores en el año 2009, después de utilizar varios sistemas de pulido intraoral, incluyendo discos soflect, kit NTI CeraGlaze Polishing kit, Dialite II Brasseler, pasta diamantada (Sparkle), pasta de óxido de aluminio (Prima Gloss) y combinaciones de estos sistemas. El estudio concluyó que los discos y kits de pulido mostraron los menores valores de rugosidad de superficie en comparación a los obtenidos con pastas de pulido. Los kits de pulido y los discos fueron más eficaces que las

pastas de pulido utilizadas solas o combinadas con discos Sof-lex, dando como resultado una suavidad superficial mejorada. Si el ajuste oclusal de una restauración cerámica tiene que hacerse después de la cementación, siempre se necesita un cuidado pulido intraoral con kits de pulido y discos (Güler, 2009).

Según un estudio realizado por Lorena López (2015), en la universidad San Francisco de Quito, donde se analizaron diferentes sistemas de pulido intraoral, se determinó, que: "el uso de una fresa diamantada de grano fino más el kit de pulido Jota, y más las pastas de pulido Diamond Polish de 1 μm y 0,5 μm en un disco de felpa; usando 20 segundos cada instrumento a 10000 RPM, dará un resultado de menor rugosidad superficial que el obtenido por el laboratorio dental, en restauraciones de porcelana feldespática abrasionadas. De igual manera, según este estudio, el kit de pulido Jota obtuvo mejores resultados que el kit de pulido Becht, mostrando una diferencia estadísticamente significativa. Después del uso del kit de pulido Jota, el uso de pasta diamantada sí disminuye la rugosidad superficial. Los mejores resultados se obtienen al usar primero la pasta de 1 μm y después la de 0,5 μm , como dicta el fabricante, sin embargo, si solo se va a utilizar una pasta, en lugar de dos, la de 1 μm otorga mejores resultados" (López & Proaño, 2015).

En un estudio realizado por Owen et al. (2012), donde utilizaron tres tipos diferentes de cerámica dental: feldspática (IPS d.sign, Ivoclar Vivadent), basada en leucita (IPS Empress I, Ivoclar Vivadent) y disilicato de litio (Empress II, Ivoclar Vivadent), siguieron un método estandarizado de pulido y simulación de desgaste oclusal. Los autores usaron una fresa de carburo de tungsteno de 12 aletas y pulido mediante: una rueda de

pulido de porcelana (Cera Master, Shofu Dental) seguida de una copa de goma y pasta de pulir (Ultra II, Shofu Dental). Seguido de esto, utilizaron una serie de discos Sof-Lex, de tamaño medio, fino y extra-fino (3M Espe), según las recomendaciones del fabricante. La conclusión fue que la rugosidad final de las superficies cerámicas pulidas eran mayores que las de la superficie vitrificada original. Las diferencias entre los tres tipos de porcelana con respecto a la rugosidad después del pulido no fueron estadísticamente significantes, lo que sugiere que no hay una gran importancia en el sistema de acabado empleado y en cualquier tipo de porcelana, el resultado final será prácticamente el mismo.

2.2.3.3.1 Sistema de pulido intraoral de cerámica Kit Porcelain Polishing Kit (Jota AG, Ruthi/SG Switzerland)

El sistema de pulido intraoral de cerámica de la casa comercial Jota, con más de 100 años de experiencia, presenta un sistema de pulido de diamante en tres fases para la abrasión, alisado y alto brillo en cerámica. También se pueden utilizar en metal, recomendándose luego del uso en este material, que los mismos sean limpiados para evitar manchas o rayas en la cerámica. Los instrumentos del kit deben utilizarse en el siguiente orden: 1) primer paso: azul “G” = Suavizado, 2) segundo paso: rosa “M” = Pulido Inicial y 3) gris “F” = Pulido de alto brillo. Estos instrumentos deben ser empleados en una pieza de mano de baja velocidad a una velocidad que puede variar de 7000 a un máximo de 20000 rpm. Sin embargo, en este kit, específicamente se recomienda utilizar los instrumentos a una velocidad de 10000 rpm. Estos instrumentos pueden ser utilizados tanto en cerámicas feldespáticas como en disilicato de litio (Jota AG Rotary Instruments, 2017).

2.2.3.3.2 Sistema de pulido intraoral de cerámica Kit Intra-oral Dialite HP Porcelain Adjustment Polishing kit (Brasseler, USA)

El kit intra-oral Dialite HP Porcelain Adjustment Polishing de la casa comercial Brasseler (USA), creada hace 40 años, presenta un sistema de pulido de porcelana de tres pasos, el cual es ideal para realizar ajustes y pulido en restauraciones cerámicas. Se recomienda que estos instrumentos se utilicen en piezas de mano de baja velocidad y que no excedan las 7000 rpm. Este kit es esterilizable. Este sistema está representado por colores, donde el grano más grueso se encuentra en los pulidores azules, los de gran medio se representan por el color rosa y el grano fino se encuentra en los pulidores grises. De igual manera, este kit dispone de tres tipos de cabeza o punta activa, para poder llegar a todas las zonas de la restauración, éstas formas son: discos, copas y punta de fútbol americano. Este kit está diseñado para el pulido de porcelanas feldespáticas y reforzadas con disilicato de litio (Brasseler USA Dental Instrumentation, 2017).

2.2.3.3.3 Sistema de pulido intraoral de cerámica Kit JIFFY Universal Intra-Oral Adjusting & Polishing (Ultradent, USA)

El sistema Jiffy Universal de Ultradent es un sistema de acabado para todas las cerámicas, incluyendo cerámica de alta resistencia. Todos los ajustadores y pulidores del Sistema Universal Jiffy están recomendados para trabajar indistintamente en porcelana, disilicato de litio y zirconia. El Kit de Ajuste y Pulido Universal Extra-Oral y el Kit de Ajuste y Pulido Intra-Oral Universal Jiffy contienen un número óptimo de componentes para que puedan ajustarse y pulir con eficacia cualquier material cerámico para lograr una superficie verdaderamente lisa con un acabado natural. El grano de diamante Ultradent

especialmente formulado proporciona una suavidad óptima y excelentes resultados de pulido. Las partículas de diamante multigrano posibilitan un ajuste efectivo de la cerámica para un acabado realmente liso y de alto brillo. La máxima retención de diamante garantiza una larga vida útil. El bloque de aluminio autoclavable prolonga la vida del sistema. Este sistema debe ser utilizado a una velocidad de 5000- 7000 rpm. (Ultradent products, 2017).

2.3 Efectos adversos al no tener una superficie cerámica pulida o glaseada

La duración a largo plazo de una restauración cerámica depende de su superficie glaseada, la cual se consigue cuando se realiza una cocción adicional a la restauración. Sin embargo muchas veces es necesario realizar un ajuste o un desgaste a la porcelana para así mejorar la forma, contorno y oclusión del paciente. Al momento en el que se deslustra la cerámica dental por cualquier tipo de ajuste que se deba realizar, se produce una rugosidad en la superficie externa, la cual puede producir efectos indeseables como la abrasión de dientes naturales antagonistas, reducción de resistencia promoviendo fracturas, retención de microorganismos, disminución de la estética, acumulación de placa bacteriana o biofilm, aumenta la probabilidad de pigmentación así como el riesgo de presentar caries y enfermedad periodontal (Cherry & Sumeet, 2014).

Es importante conocer las propiedades físicas y químicas de las cerámicas para poder comprender los efectos adversos de las superficies abrasionadas y rugosas en estos materiales. Según Bona (2009), las tres fases fundamentales de la materia (gaseoso, sólido y líquido) pueden distinguirse según el movimiento interatómico o intermolecular. En el estado gaseoso hay una mínima o ninguna resistencia al movimiento de átomos o

moléculas, mientras que en los sólidos, el movimiento atómico se limita a una vibración localizada, el único movimiento que podrá conseguir será por medio de difusión. Por esa razón, se utilizan los procesos de intercambios iónicos para aumentar la resistencia de las cerámicas, ya que los aniones y cationes de los materiales cerámicos son de diferentes tamaños. Esta técnica introduce estrés compresivo residual en la superficie de la cerámica, de esta manera se dificulta la propagación de grietas. Sin embargo, este efecto no se profundiza a más de 100 micras, por lo que el aumento de resistencia se puede perder si la superficie de la cerámica es desgastada o abrasionada.

Por estas razones, es importante que la superficie rugosa de una porcelana desgastada por el clínico, deba ser alisada. De esta forma se devuelve la comodidad al paciente, se disminuye la abrasión de los dientes antagonistas y, se aumenta la resistencia de la cerámica. El terminado y pulido efectivo no sólo es esencial para devolver la estética a una restauración, sino que promueve la longevidad de los tratamientos y brinda una adecuada salud oral a los tejidos blandos (Cherry & Sumeet, 2014) (Bona, 2009).

En cerámicas a base de sílice (feldespato, reforzadas por leucita y disilicato) encontramos indicaciones, como restauraciones inlay-onlay parciales o restauraciones cerámicas totales, que a menudo presentan la necesidad de ser ajustadas en boca. Algunos autores hablan que el mejor ajuste debe realizarse después de que las restauraciones son cementadas. Los ajustes realizados en la cerámica causan una superficie rugosa, no homogénea, áspera, que puede conducir a la formación de grietas y fracturas, no permitiendo el sellado de los poros superficiales y elimina el brillo que brinda el glaseado. El acristalamiento proporciona una excelente suavidad de la superficie de la porcelana, también el sellado de los poros abiertos a la superficie de la porcelana sinterizada. El

acristalamiento se puede obtener a través de diferentes temperaturas de sinterización o autoglaze natural (Bini et al., 2011).

Las restauraciones que han sido ajustadas y que por lo tanto se les ha eliminado la capa externa de *glaze* tienen dos opciones o ser reglaseadas o pulidas. El sometimiento de la cerámica a una nueva cocción puede producir alteraciones a su estructura y a la vez, involucra mayor tiempo de trabajo. Existen muchos sistemas de pulido intraorales que tienen efectos favorables en la suavidad de la superficie abrasionada. Siendo los sistemas de pulido la mejor opción para el clínico de eliminar porosidades (Bini et al., 2011).

2.3.1 Ajuste oclusal intraoral en restauraciones cerámicas

Para conseguir que las restauraciones cerámicas presenten longevidad, estética y resistencia es necesario que la superficie más externa de las mismas presente una superficie lisa. El glaseado de la superficie más externa es lo que consigue una eliminación de su porosidad (Yılmaz & Korkmaz, 2007). Sin embargo, muchas veces se deben hacer modificaciones en la porcelana dental debido a distintas razones como: corregir interferencias oclusales, mejorar la apariencia estética, mejorar el acabado de los márgenes de las restauraciones cerámicas y brindar un adecuado punto de contacto (Fuzzi, Zacclieroni, & Vallnnia, 1996).

Muchas veces es necesario realizar ajustes oclusales de manera intraoral, para así proteger la articulación temporo- mandibular del paciente, así como los dientes antagonistas. El desgaste que se realiza en la porcelana se efectúa con una fresa de diamante de grano medio o fino, sin embargo finalizado el ajuste, quedará una superficie rugosa que debe ser tratada. No se recomienda realizar un re- glaseado, pues para esto, será

necesario retirar la corona de boca y mandar nuevamente al laboratorio. El procedimiento ideal que deberá realizarse es el pulido de las restauraciones cerámicas de manera intraoral (Yılmaz & Korkmaz, 2007).

Christensen (2007) sugiere que un ajuste debe realizarse en la dentición antagonista en lugar de la restauración de cerámica, sobretodo en aquellos casos donde la cantidad de ajuste dental requerida es mínima. De igual forma, es importante que el clínico advierta al paciente antes de la elaboración de las restauraciones de porcelana que hay una posibilidad que los dientes opuestos deban ser tocados ligeramente y que el esmalte alisado no presentará ningún inconveniente. Este enfoque permite una restauración sin porosidades, intacta y de larga duración.

2.4 Pulido vs. glaseado de las cerámicas

La apariencia de una cerámica dental está determinada por la combinación de diferentes factores como: forma, color, nivel de translucidez, pulido y glaseado de la superficie. Comúnmente, las porcelanas dentales han sido controladas con una capa superficial de *glaze* o acristalamiento, la cual se consigue aumentando el tiempo de cocción o elevando la temperatura del horno (Rosenstiel, Baiker, & Jhonston, 1989).

El control exacto para la obtención de un grado de lustre o brillo de las cerámicas dentales está limitado, sobretodo porque los hornos empleados comercialmente tienen fluctuaciones de temperatura que son suficientemente severas para lograr que algunas restauraciones aparezcan sub- glaseadas o sobre-glaseadas. Además, conseguir un brillo uniforme en la restauración no siempre es lo deseado, ya que se pierden características visuales en el trabajo final. Por esa razón los ceramistas cambian las tonalidades de brillo

entre la zona cervical y la incisal para brindar una apreciación más natural. Sin embargo, con los métodos convencionales de glaseado, los técnicos dentales no consiguen estas características estéticas con el *glaze*, pues esta técnica sólo consigue superficies uniformes en cuanto al brillo (Rosenstiel et al., 1989).

Según Rosenstiel et al. (1989), el pulido de las cerámicas ha sido el sistema más recomendado, después de realizar un ajuste oclusal en restauraciones cerámicas. Hoy en día, en el mercado, existen varios kits y sistemas de pulido tanto intraorales como extraorales. El uso de fresones y gomas, seguido del empleo de piedra pómez produce una excelente suavidad de la superficie. Estos autores también hablan sobre el uso del pulido de la cerámica como una manera de comunicación intuitiva del grado de brillo requerido en una restauración específica, de igual manera que lo hacen las guías de color (Rosenstiel et al., 1989).

Varias investigaciones sugieren que las superficies pulidas después de un ajuste oclusal, con un buen sistema de pulido pueden quedar muy similares a las glaseadas. Existen ventajas en el pulido dental al proporcionar una mayor tenacidad a la fractura en comparación a superficies glaseadas. Sin embargo, hay estudios que llegan a conclusiones contrarias, afirmando que los sistemas de pulido actuales no presentan superficies tan suaves y lisas con el glaseado original (Owen et al., 2012).

En una investigación realizada por Jagger (1994), quien encontró que mientras la tasa de desgaste del esmalte producido por porcelana Vitadur esmaltada y no glaseada era similar, la porcelana pulida produjo un desgaste de esmalte sustancialmente menor. Este hallazgo llevó al autor a sugerir que la porcelana sea pulida en vez de ser glaseada después del ajuste de la cerámica.

Por lo tanto, es claro encontrar que existe una gran controversia entre las cerámicas dentales pulidas y las glaseadas. A continuación se observa un análisis de diferentes autores en cuanto a qué sistema es más útil y en qué circunstancias se debe usar un pulido o un glaseado en las restauraciones.

2.4.1 Comparación entre el pulido y glaseado de las cerámicas dentales y su relación con la resistencia flexural

A pesar de que el pulido de las cerámicas dentales presenta ventajas en cuanto a la caracterización estética de las restauraciones, algunos estudios muestran que la resistencia de la porcelana puede verse disminuida. Muchos ceramistas prefieren el pulido al glaseado debido a que de esta forma hay un mayor control del brillo superficial en las restauraciones indirectas de metal porcelana. Sin embargo, varios estudios determinan que el pulido de la cerámica disminuye sus propiedades mecánicas. En un estudio realizado por Stephen F. Rosenstiel y colaboradores, en el año de 1989, donde analizaron la resistencia a la fractura de la cerámica feldespática, encontraron que la porcelana pulida presentaba una mayor tenacidad a la fractura en comparación a la cerámica glaseada (Rosenstiel et al., 1989).

Sin embargo Guazzato (2004), asegura que el pulido de una superficie cerámica no es el único factor que determina la resistencia de una porcelana, es decir, es importante tomar en cuenta otros factores como: la porosidad, el estrés microestructural residual y defectos en la fabricación. Tagliari et al. (2017), encontraron que tanto el glaseado como el pulido mejoran la resistencia flexural del material, sin embargo, el tratamiento de superficie no tiene un efecto directo sobre el riesgo de fractura en las coronas cerámicas (Tagliari, Borba, Corazza, Della Bona, & Benetti, 2017).

2.4.2 Comparación entre pulido y glaseado de las cerámicas dentales y su relación con la porosidad y sistemas de pulido

Es importante conocer que para que una restauración cerámica presente propiedades estéticas y funcionales óptimas, el clínico debe realizar un adecuado procedimiento de contorno, ajuste y terminado. Por lo tanto, es imprescindible considerar el uso de diferentes sistemas de pulido y acabado cerámico disponibles en el mercado, para así recrear la suavidad y lisura perdida tras haber abrasionado la porcelana con otros elementos, y poder conseguir una buena biocompatibilidad (Cherry & Sumeet, 2014).

Hoy en día en la literatura se describen una gran variedad de sistemas mecánicos de pulido y se los compara con las superficies glaseadas de la cerámica. Algunos autores sugieren que es mejor la suavidad obtenida por la porcelana glaseada. Sin embargo, muchos clínicos, incluso laboratoristas dentales, defienden el uso de pulidores intraorales y extraorales para mejorar la lisura de una superficie en comparación a la cerámica glaseada. Actualmente se reconoce que la estética de las restauraciones cerámicas ha mejorado con el pulido. Uno de los propósitos a nivel de laboratorio dental y en la práctica clínica odontológica es conseguir un sistema de pulido que sustituya el glaseado de la cerámica (Cherry & Sumeet, 2014).

En un estudio efectuado en el año de 1997 por Ahmad S. Al-Hiyasat et al., encontraron que no existe una diferencia significativa entre las superficies cerámicas pulidas y las glaseadas. Por otro lado, en un estudio descrito por Chu et al., (2000), determinaron que al reglasear superficies cerámicas desgastadas con fresa de grano fino, tanto en porcelana In-Ceram como feldespática, se mejoró la textura superficial, haciéndola más lisa, así como la fuerza flexural de las mismas.

Desde el empleo de materiales cerámicos como el disilicato de litio y la zirconia en odontología, se han realizado investigaciones sobre los efectos del glaseado en las superficies de estos materiales, así como los efectos del pulido en las porcelanas odontológicas. De igual manera, se conoce que el módulo de elasticidad de las porcelanas dentales es mucho mayor que el del esmalte dental, por lo que, está confirmado que estos materiales producen un desgaste en dientes antagonistas. Varios estudios sobre el glaseado y pulido en las distintas cerámicas dentales han reportado que no existe una diferencia significativa entre ambos sistemas, sin embargo, otras investigaciones afirman que el glaseado permite una mejor eliminación de la porosidad de la cerámica odontológica (Saiki, Koizumi, Akazawa, & Kodaira, 2016). Campbell (1989), en un estudio realizado en la Universidad de Harvard School of Dental Medicine, demostró que las superficies cerámicas en carillas presentaban menor porosidad al ser glaseadas en comparación a las superficies pulidas.

Al hablar de sistemas de pulido, es importante conocer que existen diferentes métodos intraorales y extraorales, así como distintas casa comerciales. Un estudio realizado por Bessing & Wiktorsson (1983), donde usaron dos diferentes casas comerciales de pulido extraoral en cerámica feldespática, demostraron que no existe una diferencia significativa entre las dos casas comerciales. Las marcas usadas en el estudio fueron la “Shofu porcelin polishing kit” y “Slurry of flour of pumice”.

En un estudio realizado por Fuzzi et al. (1996), se compararon la efectividad de 9 diferentes sistemas de pulido y combinación de métodos en cerámica Vita VMK. El estudio inició con el glaseado o acristalamiento en el horno de 54 muestras de cerámica Vita VMK, las cuales fueron separadas en 9 grupos de 6 muestras cada uno. Se usaron fresas de distinto

grosor de diamante (fino, extrafino, ultrafino de Braessler), fresas de carburo, ruedas de goma (Dental Shofu) y geles de diamante. Se combinaron los sistemas de diferente manera en los distintos grupos. El pulido se analizó cualitativamente usando microscopía electrónica de barrido y cuantitativamente usando un perfilómetro. Los resultados mostraron que el glaseado producía una superficie más fina que las técnicas de pulido y que el mejor valor medio de rugosidad se obtuvo utilizando instrumentos de diamante con tamaños progresivamente más pequeños (30, 15 y 8 micras).

Es una práctica odontológica, es común que los clínicos ajusten las superficies de porcelana de las prótesis dentales. El cambio en la rugosidad superficial después de desgastes en la cerámica dental, ha atraído la preocupación de los prostodoncistas. En un estudio efectuado por Al- Wahadni et al. (2006), se realizó una investigación de la rugosidad superficial media de 2 cerámicas dentales: IPS Empress 2 e In-Ceram Alumina / Vitadur Alpha ceramics. Este estudio concluyó que independientemente del tipo de cerámica o pretratamiento, cualquier restauración de cerámica ajustada debe ser re-glaseada o sometida a una secuencia de pulido usando pasta adiamantada.

En una investigación publicada por Wernecka & Piero (2008), se evaluó la rugosidad superficial (Ra) de porcelana feldespática glaseada y sometida a dos sistemas de acabado y pulido después de la simulación de ajuste oclusal. Los sistemas de pulido empleados fueron: grupo A (EXA-Cerapol 352 y 362, Cerapol Super 372) y grupo B donde se utilizaron puntas de acabado de silicona del sistema Tri Hawk. Los resultados mostraron que no hay diferencia estadística entre las superficies pulidas y las glaseadas.

En el estudio realizado por Silva et al., (2008), se evaluó el efecto de diferentes técnicas de pulido y la rugosidad superficial (parámetro Ra) de porcelana feldespática,

después de la eliminación de la superficie acristalada. Las muestras fueron glaseadas y divididas aleatoriamente en 4 grupos experimentales y 1 grupo control (n = 8 / grupo). Para los grupos experimentales, la capa esmaltada fue eliminada con un instrumento rotatorio de diamante y la superficie se pulió con: puntas de goma (Edenta), fresas de acabado de acero (Meisinger), punta de caucho de silicona (Shofu) + rodillo de fieltro de diamante (FGM), pasta de diamante (diamante Excel, FGM), o discos de óxido de aluminio (Sof-Lex, 3M-ESPE) + rodillo de fieltro de diamante + pasta de diamante. Se concluyó que las técnicas de pulido probadas no fueron capaces de proporcionar una superficie de porcelana tan suave como la superficie glaseada.

En un estudio realizado por Bini et al., (2011), se compararon superficies cerámicas glaseadas y pulidas. El procedimiento de pulido se llevó a cabo con diferentes sistemas, y se dividió en grupos de cuatro, de la siguiente manera: G1 - fresas Komet – Brasseler de diamante, G2 - goma abrasiva Komet, G3 - Ceramiste (Shofu Dental) pulidores suaves, G4 - pulidores para acabado de resinas compuestas (Caulk Dentsply). Los resultados no mostraron una diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes grupos de pulido y el grupo control. Se concluyó que los sistemas de acabado pueden utilizarse para obtener rugosidad superficial similar a la rugosidad superficial del auto-glaseado, lo que permite al clínico realizar el ajuste oclusal y el pulido, eliminando la necesidad de mandar nuevamente al laboratorio para un reglaseado.

En la investigación realizada por Yuzugullo et al. (2009), se evaluaron las propiedades superficiales y el color de la porcelana modificada por secuencias de pulido extraoral. Se usaron discos de porcelana feldespática (n = 10 por grupo) se aplicaron seis diferentes regímenes de tratamiento superficial (fresas diamantadas, auto-esmaltes,

glaseado, reglaze, Pearl Surface polishing system y Diamond Twist SCL). Los resultados mostraron que los tratamientos de superficie afectaron significativamente los valores de Ra ($P < 0,001$), pero no tuvieron ningún efecto sobre el color ($P > 0,05$). El color no parecía estar correlacionado con la rugosidad superficial ($P > 0,05$). Los resultados concluyeron que el sistema Pearl Surface ayuda a disminuir el tiempo de trabajo y puede ser usado como una alternativa al *overglazing*.

En el estudio de Wang et al., (2009), compararon la rugosidad superficial de porcelana dental siguiendo diferentes procedimientos de pulido. Se asignaron aleatoriamente en seis grupos según diferentes tratamientos de pulido: Grupo 1: Sistema de pulido CeraMaster (CP); Grupo 2: pasta de pulido de diamante CP + (DP); Grupo 3: Sistema de pulido Sof-Lex (SS); Grupo 4: SS + DP; Grupo 5: pulido de papel SiC; Grupo 6: glaseado (control). Después de los tratamientos respectivos, los valores de rugosidad de la superficie se midieron usando un rugosímetro. El análisis cualitativo se realizó mediante microscopía electrónica de barrido. Los resultados concluyeron que una combinación del sistema de pulido CeraMaster y una pasta de pulido diamantada podría producir una suavidad superficial similar a la de la superficie reglaseada de la porcelana, mientras que el sistema de pulido Sof-Lex fue el menos eficaz en el pulido de la cerámica.

En un estudio realizado por Haroon (2012), se analizaron dos técnicas diferentes de pulido efectuadas en 95 bloques de cerámica feldespática donde usaban discos Soft Lex. Los resultados de esta investigación no mostraron diferencia entre el uso o no de pasta y cepillos profilácticos. Los discos Soft Lex de por sí ya eliminaban la rugosidad de la superficie estudiada.

En un artículo publicado por Anmol et al., (2014), evaluaron el efecto de dos sistemas de pulido y pasta diamantada en la superficie de dos materiales cerámicos. En el estudio se usaron 40 muestras divididas en dos grupos, uno de 20 especímenes de porcelana feldespática y 20 de leucita de fluorapatita. En los dos grupos se usaron dos distintos sistemas de pulido: Soft Lex y silicona blanca y goma gris respectivamente. Los resultados concluyeron que la rugosidad superficial era menor en las superficies pulidas en comparación a las muestras glaseadas. Por otro lado, los discos Soft Lex obtuvieron una superficie más lisa en comparación a la silicona blanca y gris. Y finalmente, entre los dos tipos de porcelana utilizados, la cerámica leucítica de fluorapatita presentó una mejor superficie en comparación a la porcelana feldespática (Cherry & Sumeet, 2014). Este estudio presentó resultados similares a los presentados por Al- Wahadni (1998) que probó que las superficies cerámicas pulidas presentan una disminución mayor de la rugosidad en comparación a las superficies glaseadas.

2.4.3 Comparación entre pulido y glaseado de las cerámicas dentales y su relación con dientes antagonistas

En el año de 1997 se encontraron estudios sobre la importancia de conocer la superficie que provocará menos efectos adversos en los dientes antagonistas. En un estudio realizado por Al-Hiyasat et al., (1997), se verificó la importancia del glaseado, ya que los resultados de estos autores determinaron que las superficies que no eran glaseadas ni pulidas después de un ajuste oclusal, provocaban un mayor desgaste en el esmalte antagonista, seguido de las superficies pulidas y finalmente las que menos abrasión generaban eran las superficies glaseadas (Al-Hiyasat, Saunders, Sharkey, & Smith, 1997).

A diferencia del estudio realizado por Al-Hiyasat et al., (1997), Janyavula et al., (2014) encontraron que el esmalte de los dientes antagonistas presentaban más desgaste cuando se realizaba un glaseado en la superficie de la zirconia, que cuando se pulían las superficies. Lawson N. et al., (2014), determinaron que el glaseado de las superficies del disilicato de litio debilitaba más la superficie antagonista en comparación al pulido. Un estudio realizado por Saiki et al., (2016), recomiendan una superficie pulida en lugar de una glaseada en restauraciones individuales de disilicato de litio sometidas a fuerzas antagonistas de materiales como zirconio y feldespato. Este estudio también determinó la necesidad de tener cuidados importantes al realizar pulido en el disilicato de litio, sobretodo cuando se desgastan zonas de contacto oclusal (Saiki, Koizumi, Akazawa, & Kodaira, 2016).

Muchos estudios realizados por técnicos dentales han concluido que el desgaste del esmalte al contactar directamente con restauraciones de zirconia o disilicato de litio es menor en comparación al desgaste producido por porcelana feldespática utilizado en laminados cerámicos. Los sistemas monolíticos de disilicato de litio y zirconia, según investigaciones realizadas, no provocan un desgaste elevado en el esmalte antagonista y aumentan la preservación de la restauración en el tiempo, sin embargo, es importante verificar la situación clínica y su desgaste diario y realizar un adecuado ajuste oclusal (Lawson N. , Janyavula, Syklawer, McLaren, & Burgess, 2014).

Muchos estudios clínicos recientes han analizado el desgaste natural del esmalte al encontrarse como antagonista de restauraciones cerámicas. Un estudio realizado por Esquivel- Upshaw y colaboradores encontraron que el disilicato de litio, ya sea glaseado o pulido provoca un menor desgaste a los dientes antagonistas en comparación con porcelana

de carillas, después de 3 años de seguimiento (Lawson N. , Janyavula, Syklawer, McLaren, & Burgess, 2014).

Por otro lado, un estudio realizado por Stober et al., quienes midieron el desgaste del esmalte opuesto a restauraciones de zirconia que tuvieron diferentes tratamientos de superficie externa: pulido, glaseado, ajustada y repulida. El estudio clínico se llevó a cabo durante 6 meses, y reveló que existía un mayor desgaste del esmalte que estaba en contacto con restauraciones antagonistas de zirconio que con antagonistas de dientes naturales. De igual manera se demostró que la zirconia pulida provocaba un menor desgaste del esmalte antagonista en comparación con la glaseada. Este estudio muestra la importancia de la evidencia clínica para corroborar los estudios in vitro. Existe una explicación física que determina la razón del desgaste que provoca una superficie glaseada al esmalte dental. La capa de *glaze* externo de una cerámica presenta un grosor de 30 a 50 micras y éste se va desgastando al someterse a fuerzas antagonistas con el diente natural, provocando una abrasión del esmalte (Lawson N. , Janyavula, Syklawer, McLaren, & Burgess, 2014).

En un estudio efectuado por Lawson et al., en el año 2014, analizaron el desgaste del esmalte antagonista a zirconia y disilicato de litio ajustados, ajustados y pulidos y ajustados y glaseados. Los resultados demostraron que la zirconia presenta un menor desgaste que el disilicato de litio. El pulido de la zirconia después de ser abrasionada con una fresa diamantada, provoca menor desgaste del esmalte antagonista en comparación a la zirconia glaseada. Por otro lado, el disilicato de litio pulido o glaseado produce el mismo nivel de desgaste en dientes antagonistas. Este estudio sugiere que para disminuir el desgaste del esmalte antagonista es preferible realizar un pulido de la superficie de la

zirconia y el disilicato de litio en vez de realizar un ajuste con una fresa diamantada de grano fino (Lawson N. , Janyavula, Syklawer, McLaren, & Burgess, 2014).

En un estudio *in vivo* realizado por James et al., (1992), donde se cuantificó el nivel de desgaste de porcelana pulida y glaseada al someterse a fuerzas masticatorias con dientes antagonistas naturales, demostraron que la cerámica glaseada producía un mayor porcentaje de desgaste en los dientes opuestos en comparación a la pulida.

En un estudio realizado por Nandini et al., (2006), donde realizaron una evaluación del desgaste del esmalte antagonista a cerámica feldespática reforzada con leucita. En este estudio utilizaron 20 muestras de cerámica Finesse All Ceram y 20 especímenes de IPS – Empress. Posteriormente, cada casa comercial se dividió en dos grupos de 10 muestras cada uno, donde las primeras 10 muestras recibieron sistemas de pulido y las demás recibieron un glaseado. Seguido de esto se utilizaron 70 dientes humanos extraídos, libres de caries, para realizar el experimento como dientes antagonistas. Los resultados mostraron que el desgaste del diente antagonista era mayor con las muestras de cerámica glaseadas en comparación a las pulidas.

2.4.4 Comparación entre pulido y glaseado de las cerámicas dentales y su relación con la estabilidad del color

El color de una restauración cerámica se puede ver afectada por varios factores como la marca o casa comercial, espesor de la capa de cerámica, las técnicas de condensación, la lisura de la superficie, el número de cocciones, la temperatura de cocción, y el grosor de la dentina. Algunos estudios han demostrado que el número de cocciones no determina un cambio de color significativo. Por otro lado, se ha confirmado por medio de varios estudios clínicos *in vitro*, que la porosidad de la porcelana está directamente

relacionada a una mayor probabilidad de presentar tinciones a largo y mediano plazo. Las superficies finas, suaves, sin porosidad, se pueden lograr por medio de una técnica de glaseado (Gonuldas, Yılmaz, & Ozturk, 2014).

En un estudio realizado por Gonuldas et al., (2014), quisieron evaluar el cambio de color y la rugosidad de la superficie de porcelana dental con diferente grosor durante repetidas cocciones. Usaron 21 muestras de porcelana feldespática sobre aleaciones metálicas de nickel- cromo, divididas en 3 grupos según el grosor de la cerámica. Los resultados mostraron que las repetidas cocciones aumentaron la suavidad de las muestras, sin embargo, se provocó un deterioro de la capa superficial. Por otro lado, no encontraron cambios significativos en el color de los especímenes después de ser sometidos a diferentes cocciones.

Según Rosenstiel et al., (1989), varios estudios han determinado que las superficies glaseadas de las cerámicas dentales presentan la ventaja que se pueden limpiar fácilmente y no son susceptibles a la tinción superficial. Los estudios sugieren que el pulido de la porcelana dental está contraindicado porque puede provocar una mayor susceptibilidad a la pigmentación. Sin embargo, no hay estudios suficientes que testifiquen esta hipótesis.

En un artículo publicado por (Yılmaz & Korkmaz, 2007), se evaluó la estabilidad del color de 5 diferentes tipos de cerámicas, comparando superficies glaseadas y pulidas. Los especímenes fueron glaseados usando técnicas específicas para cada tipo de porcelana. Las muestras se dividieron en dos grupos: un grupo se sumergió en azul de metileno y el otro grupo en agua destilada como grupo control. Las superficies se examinaron visualmente para detectar manchas sin aumento. Después de examinar el color de los

especímenes glaseados, las capas glaseadas fueron eliminadas, se aplicaron puntos de pulido de porcelana y pasta adiamantada. Las muestras se sumergieron de nuevo en azul de metileno y agua destilada. Los resultados del estudio encontraron manchas visualmente discernibles en los grupos pulidos de las cinco porcelanas, mientras que el grupo glaseado sumergido en azul de metileno no mostró pigmentación. Se concluyó que los especímenes glaseados mostraron una mejor estabilidad del color en comparación a las muestras pulidas. Sin embargo, los autores notaron un dato interesante y fue que la tinción observada en los especímenes pulidos no fue clínicamente perceptible (Yılmaz & Korkmaz, 2007).

En otro estudio realizado por Sarac et al., (2006), donde se analizaron 90 muestras de porcelana feldespática para comprobar el cambio de color de la superficie de la capa externa glaseada versus la superficie pulida. El grupo control fue la cerámica glaseada, y el resto de especímenes fueron desgastados con una fresa de diamante de grano medio, para después ser pulida con un kit de pulido intraoral. Las mediciones de color se realizaron usando el sistema de color CIE $L^* a^* b^*$. Se calcularon las diferencias de color (ΔE) entre el grupo control y los grupos experimentales. Se concluyó que el uso de un kit de ajuste y pulido por sí solo o la combinación de pasta de pulido crearon superficies tan lisas como las muestras glaseadas. El uso de pasta de pulido por sí sola no mejoró la suavidad de la superficie cerámica. También se encontró que las diferencias de color estaban en un nivel aceptable en todos los grupos. Este estudio difiere de la investigación realizada por Motro (2012) y colaboradores, quienes aseguran que los tratamientos de superficie afectan directamente a la estabilidad del color en una cerámica dental, donde una superficie más lisa permitirá una mayor estabilidad del color. El peróxido de carbamida por ejemplo, produce superficies más lisas en las cerámicas (Butler et al., 2004).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo de Estudio

La presente investigación es un estudio experimental comparativo, *in vitro*, que consiste en la evaluación de pulido intraoral de pastillas cilíndricas de disilicato de litio utilizando tres distintos sistemas de pulido intraoral de 3 marcas comerciales, con la finalidad de medir su rugosidad superficial. Es un estudio comparativo, ya que los valores objetivos obtenidos de la medición con rugosímetro fueron comparados entre sí para encontrar el mejor sistema de pulido.

3.2 Población

La población está determinada por todos los especímenes de cerámica en forma de pastillas cilíndricas termoprensables de disilicato de litio prefabricadas por la casa comercial 3G OPC Pentron (Jeneric/Pentron Deutschland/Alemania) (Figura 1).



Figura 1 3G OPC Pentron (Jeneric/Pentron Deutschland/Alemania).

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

3.2.1 Muestra

La muestra fue obtenida de 48 especímenes de cerámica en forma de pastillas cilíndricas de disilicato de litio prefabricados de la casa comercial 3G OPC Pentron (Jeneric/Pentron Deutschland/Alemania) (Figura 2).



Figura 2: Pastilla cilíndrica termoprensable de disilicato de litio 3G OPC Pentron (Jeneric/Pentron Deutschland/Alemania)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

Cada unidad de las pastillas en forma de cilindro 3G OPC Pentron tenían una medida estándar de 11 mm de diámetro por 9 mm de altura (Figura 3 y 4). Las pastillas de 3G OPC Pentron fueron utilizadas en ambos lados del cilindro, conformando así, una muestra de 96 superficies planas de cerámica de disilicato de litio. Se utilizaron pastillas termoprensables de cerámica de disilicato de litio en forma cilíndrica, como vienen de fábrica, con el fin de obtener muestras libres de contaminación y alteraciones dimensionales.

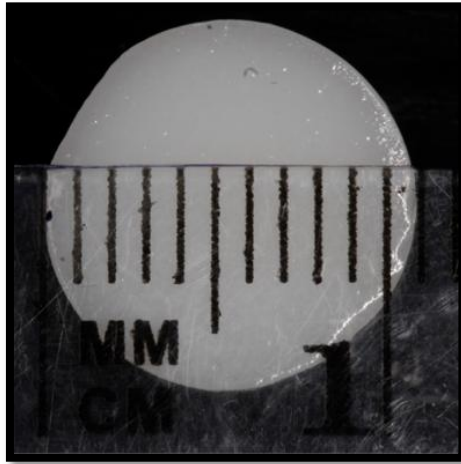


Figura 3: Diámetro de 11 mm de pastilla cilíndrica termoprensable de disilicato de litio 3G OPC Pentron

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

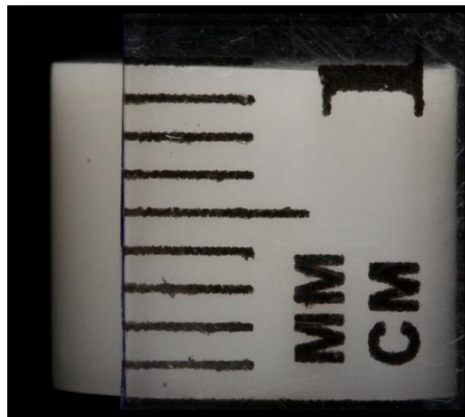


Figura 4: Altura de 9 mm de pastilla cilíndrica termoprensable de disilicato de litio 3G OPC Pentron

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

3.2.1.1 Criterios de inclusión

Pastillas de cerámica de disilicato de litio 3G OPC Pentron (Jeneric/Pentron Deutschland/Alemania) que no presenten fisuras, ni fracturas y que no se encuentren contaminadas.

3.2.1.2 Criterios de exclusión

Pastillas de cerámica de disilicato de litio con errores de fábrica como: sub o sobre cocción, superficies contaminadas o que presenten fracturas o fisuras.

3.3 Materiales

- Cerámica de disilicato de litio en presentación de pastillas 3G OPC Pentron (Jeneric/Pentron Deutschland/Alemania)
- 3 kits: Jota Kit 1399 Ceramic Polisher (Jota AG, Ruthi/SG Switzerland) (Figura 5).



Figura 5: jota kit 1399 Ceramic Polisher (Switzerland)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

- 3 kits: Intra- oral Dialite HP Porcelain Adjustment Polishing kit k0193 (Brasseler, USA) (Figura 6).



Figura 6: Intra- oral Dialite HP Porcelain Adjustment Polishing kit k0193 (Brasseler, USA)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

- 3 kits: Kit JIFFY Universal Intra-Oral Adjusting & Polishing (Ultradent, USA)
(Figura 7)

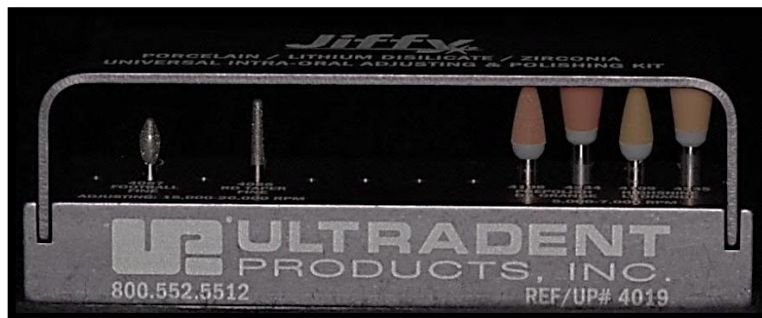


Figura 7: Kit Jiffy Universal Intra- Oral Adjusting & Polishing (Ultradent, USA)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

- 3 pastas diamantadas: Diamond Polish de 1,0 μm (Ultradent Products Inc. UT, USA) (Figura 8).



Figura 8: Diamond Polish de 1.0 µm (Ultradent Productis Inc. UT, USA)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

- 32 fresas troncocónicas de grano medio MDT (Micro Diamond Technologies) (Israel) (figura 9).



Figura 9: Fresa troncocónica de grano medio MDT (Micro Diamond Technologies) (Israel)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

- 32 fresas troncocónicas de grano fino MDT (Micro Diamond Technologies) (Israel) (figura 10).



Figura 10: Fresa troncocónica de grano fino MDT (Micro Diamond Technologies) (Israel)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

- Piezas de mano: de alta velocidad (W&H) (Figura 11) y de baja velocidad (micromotor) (W&H) (Figura 12).

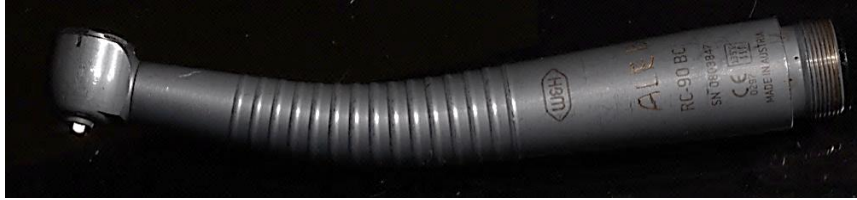


Figura 11: Pieza de mano de alta velocidad W&H

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez



Figura 12: Pieza de mano de baja velocidad (micromotor) W&H

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

- 10 discos de fieltro intraorales con mandril (Diamond FGM, Brasil) (Figura 13).



Figura 13: Kit de discos de fieltro Diamond FGM (Brasil)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez



Figura 14: Disco de feltro Diamond FGM con mandril metálico

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

- Marcadores finos permanentes azul y negro
- Regla plástica

3.5 Metodología

A continuación se expondrá el tratamiento de superficie que recibieron las muestras experimentales, se explicarán los requisitos de estandarización de los procedimientos realizados, se relatará cómo se realizó el proceso de codificación de las muestras y almacenamiento de las mismas. Finalmente se mostrarán los pasos que se siguieron y se mostrarán las mediciones efectuadas por el rugosímetro empleado en el estudio.

3.5.1 Grupos de estudio

Se establecieron 4 grupos de 12 pastillas de disilicato de litio cada uno. Cada pastilla fue utilizada y codificada en sus dos caras planas del cilindro, proporcionando dos muestras de estudio de cada lingote. De esta manera se prepararon 24 muestras para cada grupo.

- El grupo # 1 fue constituido por el grupo control y no fue abrasionado ni pulido con ningún sistema de pulimiento. Este grupo fue identificado con la letra "C" y cada muestra fue enumerada del 1 al 24 (Figura 15 y figura 16).



Figura 15: Muestra # 1 del grupo control. (Pastilla de disilicato de litio termoprensable 3G OPC Pentron cara superior)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez



Figura 16: Muestra # 1 del grupo control. (Pastilla de disilicato de litio termoprensable 3G OPC Pentron cara inferior)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

- Los siguientes 3 grupos recibieron el nombre de muestras experimentales (figura 17) y se enumeraron del 2 al 4 según tres diferentes sistemas de pulido de porcelana.

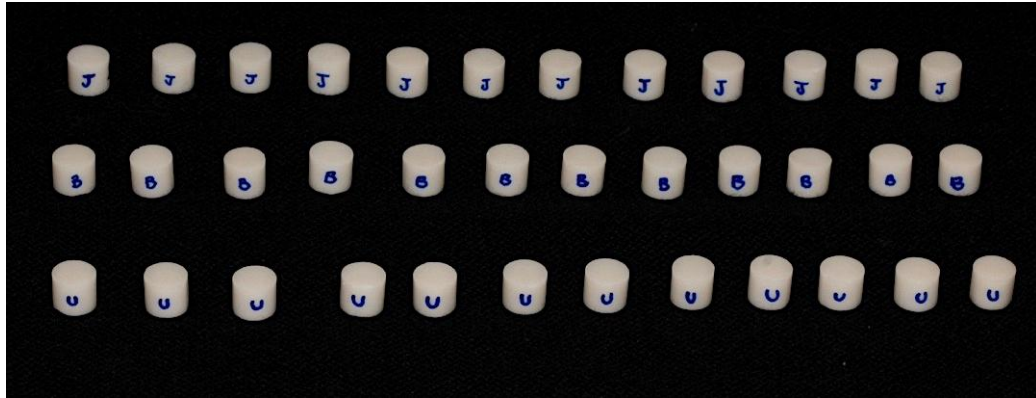


Figura 17: Muestras experimentales (pastillas de disilicato de litio termoprensable 3G OPC Pentron)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

- Cada grupo experimental fue identificado con la primera letra del nombre de su casa comercial, y cada superficie o muestra fue identificada con números del uno al 24 en cada grupo. Seguido de esto, las superficies de cada muestra se dividieron con una regla para identificar la zona que debía pulirse, permitiendo un área de medición de 5mm^2 . Para que exista una mayor precisión en el estudio, se dibujó una flecha, señalando la zona que debía pulirse en cada muestra (figura 18).
- El grupo # 2 fue representado por las muestras que recibieron el sistema de pulido: Jota Kit 1399 Ceramic Polisher (Jota AG, Ruthi/SG Switzerland). Estas muestras fueron identificadas con la letra "J" (figura 18).

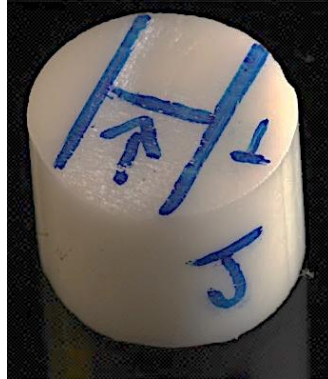


Figura 18: Muestra # 1 de grupo experimental de la casa comercial "Jota" y trazado de zona de pulimiento.

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

- El grupo # 3 fue representado por las muestras que recibieron el sistema de pulido: Intra- oral Dialite HP Porcelain Adjustment Polishing kit k0193 (Brasseler, USA). Estas muestras fueron identificadas con la letra "B" (figura 19).



Figura 19: Muestra # 16 de grupo experimental de la casa comercial "Brasseler"

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

- El grupo # 4 fue representado por las muestras que recibieron el sistema de pulido: Kit JIFFY Universal Intra-Oral Adjusting & Polishing (Ultradent, USA). Estas muestras fueron identificadas con la letra "U" (figura 20).



Figura 20: Muestra # 7 de grupo experimental de la casa comercial "Ultradent"

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

3.5.2 Tratamiento de las superficies de las cerámicas

Grupo control # 1: Constituido por 24 muestras de cerámica de disilicato de litio en pastillas no fueron tocadas, ni abrasionadas, ni pulidas con ningún instrumento.

Todas las muestras experimentales, es decir los grupos: 2, 3 y 4, recibieron el mismo tratamiento de superficie para simular la abrasión con fresa de diamante en boca, siguiendo los siguientes pasos:

1. Se abrasionaron las 72 muestras experimentales con una fresa de diamante de grano medio, en forma tronco- cónica para evitar socavados, durante 20 segundos, utilizando una pieza de mano de alta velocidad y con abundante irrigación de agua. Cada tres muestras, la fresa fue cambiada por una nueva, para evitar errores en los resultados (figura 21).



Figura 21: Desgaste de superficie experimental con fresa tronco-cónica de diamante de grano medio (MDT, Micro Diamond Technologies; Israel), empleando abundante irrigación de agua

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

2. Seguido del desgaste con la fresa tronco- cónica de grano medio, las 72 muestras fueron abrasionadas con una fresa de diamante tronco-cónica de grano fino, durante 20 segundos, empleando una pieza de mano de alta velocidad con abundante irrigación de agua.

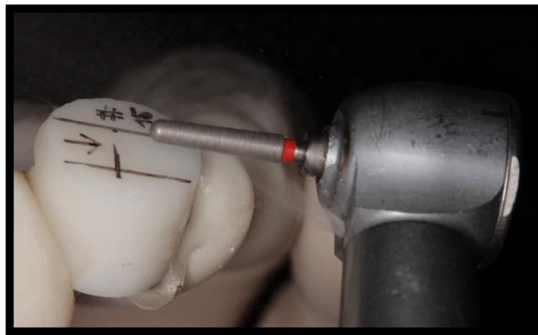


Figura 22: Desgaste de superficie experimental con fresa tronco-cónica de diamante de grano fino (MDT, Micro Diamond Technologies; Israel), empleando abundante irrigación de agua

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

A continuación, las 72 muestras experimentales abrasionadas se dividieron en tres grupos de 24 pastillas cada uno:

Grupo # 2: Este grupo estuvo conformado por 24 muestras experimentales sometidas al sistema de pulido: Porcelain Polishing Kit (Jota AG, Ruthi/SG Switzerland). Se siguieron las indicaciones del fabricante, iniciando con el grano de pulido más grueso y finalizando con el grano de pulido más fino (figuras: 23, 24 y 25).



Figura 23: Pulidor de cerámica de diamante: primer paso (jota kit 1399 Ceramic Polisher, Switzerland)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez



Figura 24: Pulidor de cerámica de diamante: segundo paso (jota kit 1399 Ceramic Polisher, Switzerland)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez



Figura 25: Pulidor de cerámica de diamante: tercer paso (jota kit 1399 Ceramic Polisher, Switzerland)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

Grupo # 3: Este grupo estuvo conformado por 24 muestras experimentales sometidas al sistema de pulido: Intra- oral Dialite HP Porcelain Adjustment Polishing kit (Brasseler, USA). Se siguieron las indicaciones del fabricante, iniciando con el grano de pulido más grueso y finalizando con el grano de pulido más fino (figuras: 26, 27 y 28).

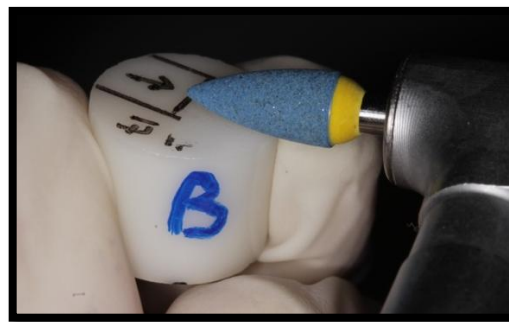


Figura 26: Pulidor de cerámica de diamante: primer paso (Intra- oral Dialite HP Porcelain Adjustment Polishing kit k0193, Brasseler, USA)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez



Figura 27: Pulidor de cerámica de diamante: segundo paso (Intra- oral Dialite HP Porcelain Adjustment Polishing kit k0193, Brasseler, USA)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez



Figura 28: Pulidor de cerámica de diamante: tercer paso (Intra- oral Dialite HP Porcelain Adjustment Polishing kit k0193, Brasseler, USA)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

Grupo # 4: Este grupo estuvo conformado por 24 muestras experimentales sometidas al sistema de pulido: Kit JIFFY Universal Intra-Oral Adjusting & Polishing (Ultradent, USA). Se siguieron las indicaciones del fabricante, iniciando con el grano de pulido más grueso y finalizando con el grano de pulido más fino (figuras: 29 y 30).



Figura 29: Pulidor de cerámica de diamante: primer paso (Kit Jiffy Universal Intra- Oral Adjusting &Polishing, Ultradent, USA)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez



Figura 30: Pulidor de cerámica de diamante: primer paso (Kit Jiffy Universal Intra- Oral Adjusting &Polishing, Ultradent, USA)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

A continuación, las 72 muestras experimentales fueron pulidas con pasta diamantada y discos de fieltro (figuras: 31,32, 33, 34, 35 y 36).



Figura 31: Colocación de pasta diamantada en muestra pulida con sistema "Jota", (Diamond Polish de 1.0 μm (Ultradent Products Inc. UT, USA)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

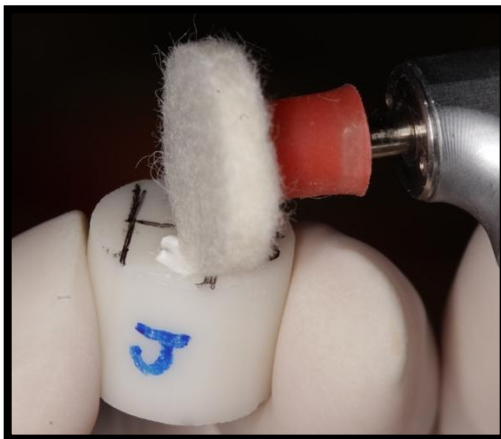


Figura 32: Pulido con disco de fieltro Intraoral Diamond FGM con mandril metálico y pasta diamantada en muestra pulida con sistema "Jota", (Diamond Polish de 1.0 μm (Ultradent Products Inc. UT, USA), utilizando pieza de mano de baja velocidad.

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez



Figura 33: Colocación de pasta diamantada en muestra pulida con sistema "Brasseler", (Diamond Polish de 1.0 μm (Ultradent Products Inc. UT, USA)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez



Figura 34: Pulido con disco de fieltro Intraoral Diamond FGM con mandril metálico y pasta diamantada en muestra pulida con sistema "Brasseler", (Diamond Polish de 1.0 μm (Ultradent Products Inc. UT, USA), utilizando pieza de mano de baja velocidad.

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez



Figura 35: Colocación de pasta diamantada en muestra pulida con sistema "Ultradent", (Diamond Polish de 1.0 μm (Ultradent Products Inc. UT, USA)

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

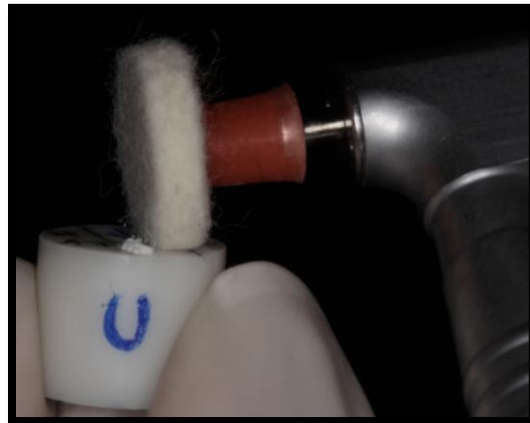


Figura 36: Pulido con disco de fieltro Intraoral Diamond FGM con mandril metálico y pasta diamantada en muestra pulida con sistema "Ultradent", (Diamond Polish de 1.0 μm (Ultradent Products Inc. UT, USA), utilizando pieza de mano de baja velocidad.

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

3.5.3 Requisitos para la estandarización de los procedimientos

Este estudio consistió en realizar una simulación, *in vitro*, de un ajuste oclusal en boca y la posterior ejecución de un pulido intraoral de la cerámica abrasionada. Todos los procedimientos fueron realizados por el mismo operador para controlar y estandarizar la

presión ejercida sobre las muestras, así como, la velocidad de las piezas de mano. A continuación se nombran los pasos y operaciones que se siguieron en el estudio para obtener una estandarización de los procedimientos en todos los grupos experimentales:

- Todas las muestras fueron enumeradas en ambas caras del cilindro de disilicato de litio (cara superior e inferior), conformando 24 muestras por grupo, y marcadas con la primera letra de la casa comercial respectivamente ("J", "B" y "U"). Todo esto se realizó con un marcador permanente.
- Las 72 muestras experimentales fueron divididas con una regla milimetrada, usando un marcador permanente, para señalar la zona que debía ser abrasionada. El objetivo de este procedimiento fue señalar un área de 5 mm^2 , para que el operador sepa la zona donde debía pasar las fresas, gomas de pulimiento y los discos de felpa. De igual forma, la zona señalizada facilitaría, posteriormente, la medición de la rugosidad superficial del rugosímetro.
- Se inició el procedimiento con una fresa troncocónica de grano medio, empleando una pieza de mano de alta velocidad, para simular el ajuste oclusal. La fresa troncocónica de grano medio provocó cambio en la rugosidad superficial después del desgaste en la cerámica dental. Para evitar errores en el estudio, cada tres muestras, la fresa fue cambiada por una nueva. Por lo que se emplearon un total de 32 fresas tronco-cónicas de grano medio. El tiempo de uso de la fresa en cada muestra fue de 15 segundos con abundante irrigación de agua. Según la casa comercial de la pieza de mano de alta velocidad W&H (2017), la velocidad de trabajo es aproximadamente la mitad de la velocidad en giro libre, es decir, de 150.000 a 250.000 rpm, dependiendo de la presión de contacto.

- En segundo lugar, se empleó una fresa tronco- cónica de grano fino, utilizando una pieza de mano de alta velocidad. El objetivo del uso de esta fresa fue iniciar la disminución de la rugosidad producida por la fresa de grano medio. Después de que la fresa tronco- cónica de grano fino se usó en tres muestras, fue cambiada por una nueva para evitar errores. En total se utilizaron 32 fresas tronco- cónicas de grano fino. El tiempo de uso de la fresa, en cada muestra, fue de 15 segundos con abundante irrigación de agua. Según la casa comercial de la pieza de mano de alta velocidad W&H (2017), la velocidad de trabajo es aproximadamente la mitad de la velocidad en giro libre, es decir, de 150.000 a 250.000 rpm, dependiendo de la presión de contacto.
- Las gomas de los 3 kits de pulido empleados fueron usadas aproximadamente a 25.000 RPM (revoluciones por minuto) (W&H, 2017), con una pieza de mano de baja velocidad (micromotor, contraángulo). Cada instrumento se empleó por un tiempo de 20 segundos.
- Las 72 muestras experimentales, después de seguir el pulimiento con las gomas de cada casa comercial, recibieron un último pulido con discos de fieltro y pasta diamantada. El tiempo de uso de la felpa en cada muestra fue de 20 segundos, empleando la pieza de mano de baja velocidad, aproximadamente, a 25.000 RPM (revoluciones por minuto) (W&H, 2017). Después del uso del disco de fieltro en 8 muestras, el disco fue cambiado por uno nuevo para evitar errores. En total se utilizaron 12 discos de fieltro intraorales.
- Finalizados todos los procesos de pulido, las 72 muestras experimentales fueron lavadas con abundante aire y agua, utilizando una jeringa triple (figura 37).



Figura 37: Lavado de muestras con abundante agua y aire con jeringa triple.

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

- Finalmente se secaron las 72 muestras con aire a presión usando una jeringa triple y el empleo de una toalla de papel. Las muestras secas fueron almacenadas en 4 frascos plásticos, 12 cilindros en cada frasco según la casa comercial y el grupo control (figura 38).

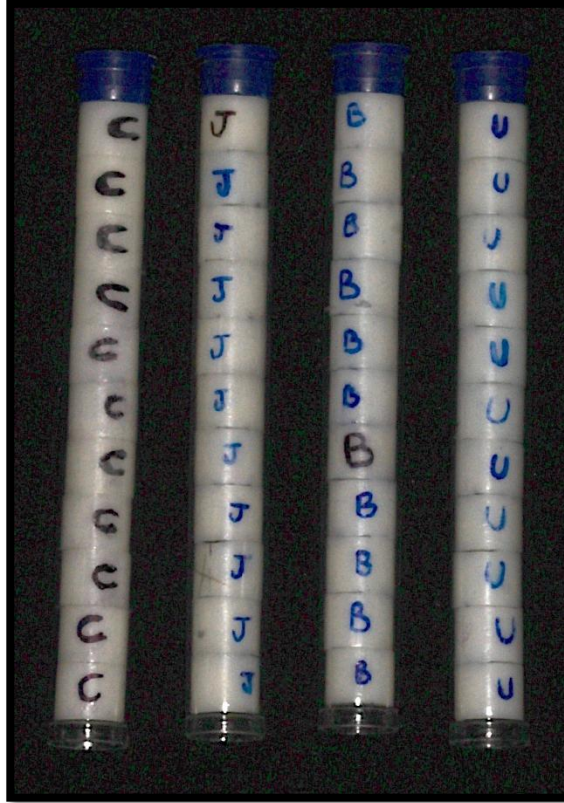


Figura 38: Almacenamiento de las muestras en frascos plásticos

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

3.5.4 Medición de la rugosidad superficial de las muestras

Se midió la rugosidad superficial de las 96 muestras de los 4 grupos, incluyendo el grupo control, con un rugosímetro SRT 6200 Portable Surface Roughness Tester (figura 39).

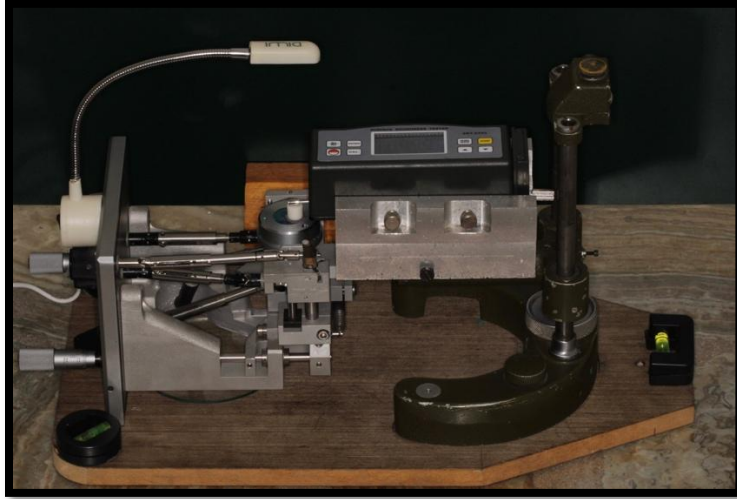


Figura 39: Rugosímetro SRT 6200 Portable Surface Roughness Tester

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

Antes de iniciar con las mediciones de rugosidad de las muestras, se verificó que el rugosímetro se encuentre calibrado. Para la calibración se utilizó un patrón de vidrio del equipo, el cual tiene una medida de referencia de 1.64 (μm) de rugosidad Ra, con una precisión clase 3, según la norma DIN 4772 ($>\pm 10\%$). Cuando se obtuvo una medida de 1.64 (μm) de rugosidad Ra, el equipo está calibrado y listo para realizar las mediciones del estudio.

Para la medición de la rugosidad se colocó la muestra de cerámica en un soporte de aluminio, en su base se colocó plastilina para fijarla. Seguido de esto, se manipula la posición de la muestra con las perrillas en sentido longitudinal, transversal y rotacional. Una vez ubicada la muestra en la posición precisa, se colocó un nivel sobre la muestra para verificar que no exista ningún tipo de inclinación (figura 40).

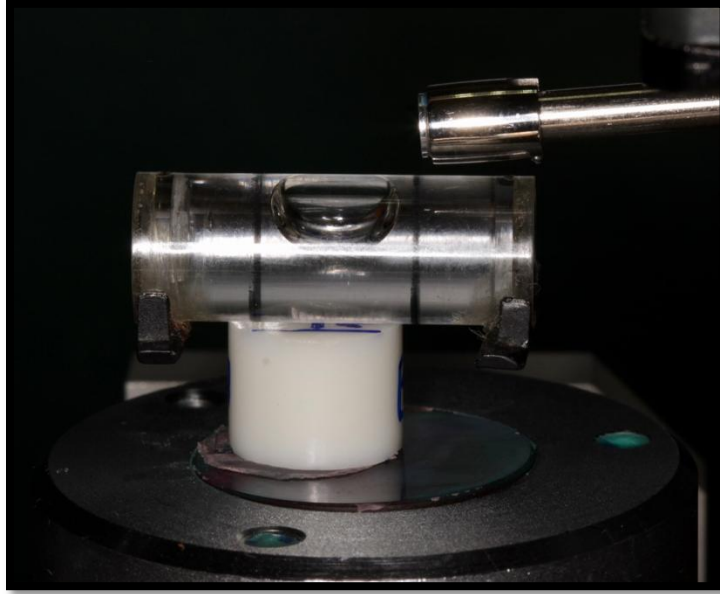


Figura 40: Nivel sobre la muestra de cerámica fija con plastilina

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

Para realizar la medición de cada espécimen, la punta de diamante del rugosímetro digital se colocó en la parte superior de la muestra de cerámica. El procedimiento de medida se lo realizó en un recorrido longitudinal por tres o cuatro ocasiones en la misma posición hasta que la medida del rugosímetro digital se estabilice, después se cambió de posición hasta medir siete veces cada muestra (figura 41). En total se realizaron 672 mediciones de rugosidad, que fue la suma de medición de todas las muestras de cerámica de los 4 grupos.

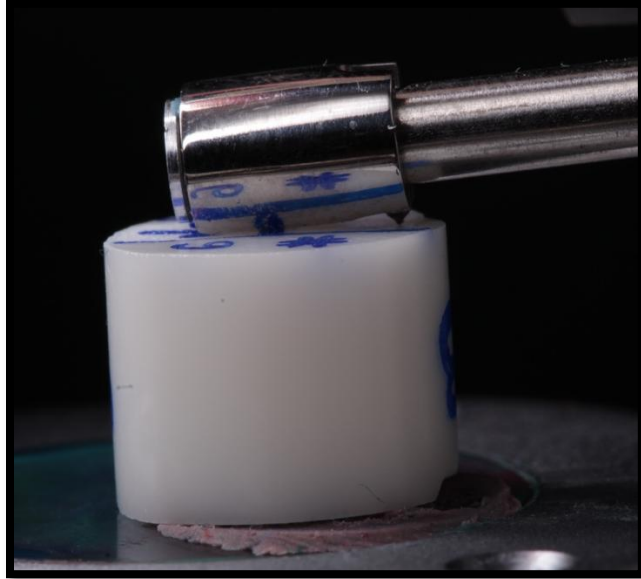


Figura 41: Medición de rugosidad superficial de muestra experimental con Rugosímetro SRT 6200 Portable Surface Roughness Tester

Fuente de imagen: Dra. Alejandra Benítez

3. RESULTADOS

La información referida a la rugosidad fue suministrada mediante un informe técnico elaborado por el ingeniero Edwin Hernán Tayupanta Mena, Metrólogo Académico representante técnico de la Empresa "Metrólogo Medidas" con número de solicitud de Superintendencia de Compañías 7688249, según consta en el anexo. A partir de esta información se diseñó una base de datos en el programa SPSS 23 IBM ® con el fin de realizar el procesamiento y análisis estadístico (dicha base de datos consideró el valor medio de las 7 medidas realizadas en cada espécimen).

A continuación, en la tabla 1 se observan los resultados obtenidos de las mediciones registradas de cada grupo muestral.

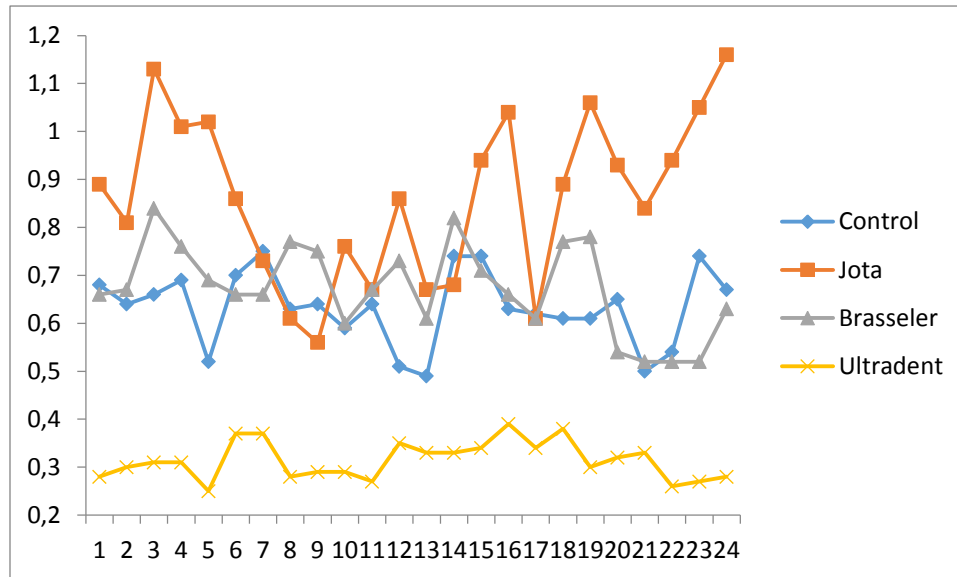
Tabla 1

Medidas de rugosidad por espécimen y grupo (um)

N	Control	Jota	Brasseler	Ultradent
1	0,68	0,89	0,66	0,28
2	0,64	0,81	0,67	0,3
3	0,66	1,13	0,84	0,31
4	0,69	1,01	0,76	0,31
5	0,52	1,02	0,69	0,25
6	0,70	0,86	0,66	0,37
7	0,75	0,73	0,66	0,37
8	0,63	0,61	0,77	0,28
9	0,64	0,56	0,75	0,29

10	0,59	0,76	0,6	0,29
11	0,64	0,67	0,67	0,27
12	0,51	0,86	0,73	0,35
13	0,49	0,67	0,61	0,33
14	0,74	0,68	0,82	0,33
15	0,74	0,94	0,71	0,34
16	0,63	1,04	0,66	0,39
17	0,62	0,61	0,61	0,34
18	0,61	0,89	0,77	0,38
19	0,61	1,06	0,78	0,3
20	0,65	0,93	0,54	0,32
21	0,50	0,84	0,52	0,33
22	0,54	0,94	0,52	0,26
23	0,74	1,05	0,52	0,27
24	0,67	1,16	0,63	0,28

A continuación, en el gráfico 1, los datos lucen dispersos dentro de cada grupo, situación explicable desde el punto de vista de la sensibilidad del instrumento de medida y del lugar de la probeta en la que se realiza la valoración.

Gráfico 1: *Medida de la rugosidad*

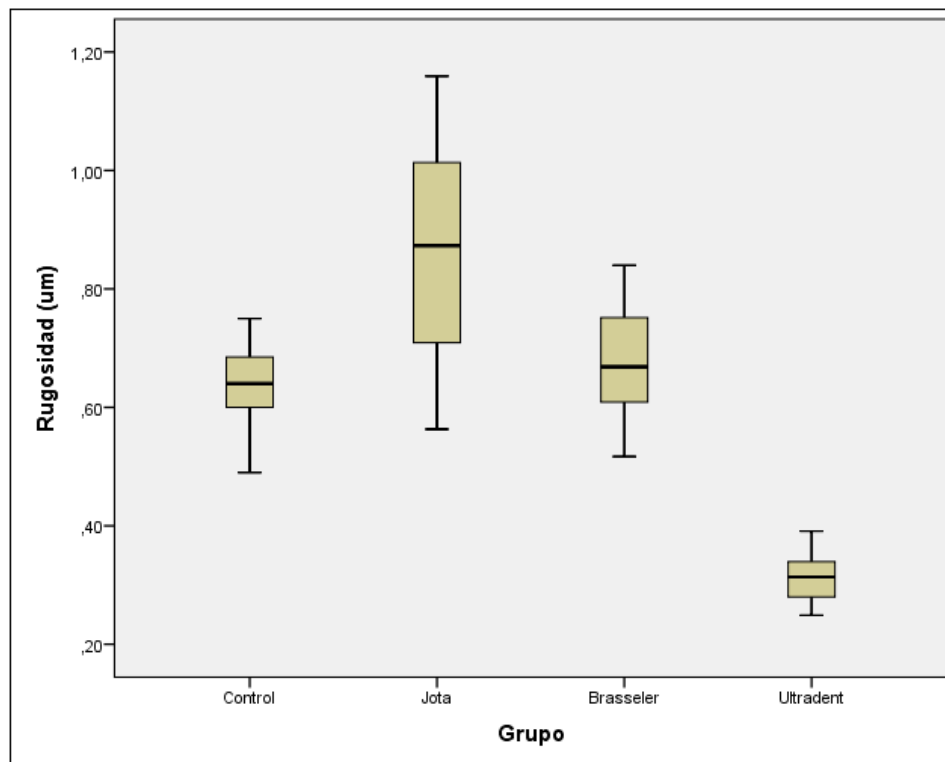
Se confirma la importante dispersión de valores dentro de cada grupo, salvo para Ultradent, así mismo es evidente que las medidas centrales son mayores para los grupos pulidos con los sistemas Jota y Brasseler en comparación al control y en cambio los valores centrales de la rugosidad obtenida con el sistema Ultradent son mucho menores que los obtenidos en los grupos anteriores (tabla 2 y gráfico 2).

Tabla 2
Estadísticos descriptivos de la distribución de rugosidad por grupo

Estadísticos		Control	Jota	Brasseler	Ultradent
Media		,63	,86	,67	,31
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,60	,79	,63	,30
	Límite superior	,67	,94	,71	,33

Media recortada al 5%	,63	,86	,67	,31
Mediana	,64	,87	,67	,31
Varianza	,01	,03	,01	,00
Desviación estándar	,08	,17	,09	,04
Error estándar	,02	,04	,02	,01
Mínimo	,49	,56	,52	,25
Máximo	,75	1,16	,84	,39

Gráfico 2: Caja y Bigotes para la distribución de rugosidad por grupo



En atención a la dispersión y distribución de valores dentro de cada grupo, el test de normalidad fue necesario (tabla 3).

Tabla 3
Resultados del test de normalidad

Grupo		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Significancia (p)	Estadístico	gl	Significancia (p)
Rugosidad (um)	Control	,134	24	,200 [*]	,939	24	,158
	Jota	,100	24	,200 [*]	,965	24	,543
	Brasseler	,096	24	,200 [*]	,961	24	,468
	Ultradent	,122	24	,200 [*]	,962	24	,475

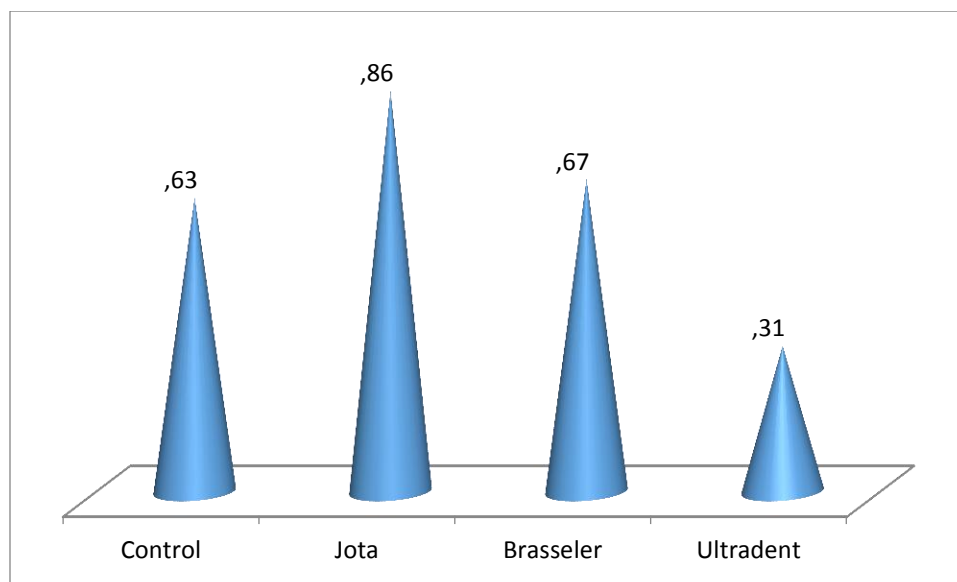
De acuerdo a la prueba de Shapiro Wilks ($n < 40$) y confirmación con la prueba de Kolmogorov Smirnov con corrección de Lilliefors se determinó que en todos los grupos se aceptó la hipótesis que afirmaba que las muestras provienen de distribuciones normales ($p > 0,05$), permitiendo direccionar el análisis comparativo con pruebas paramétricas, en este caso ANOVA (tabla 5) y Test de Tukey (tabla 6).

El valor más bajo fue el obtenido en el grupo 4 (Ultradent): $0,31 \pm 0,04$ um, seguido por el grupo 1 (Control): $0,63 \pm 0,08$ um, el grupo 3 (Brasseler) con $0,67 \pm 0,09$ um y el de mayor rugosidad fue el obtenido en el grupo 2 (Jota) $0,86 \pm 0,17$ um (tabla 4 y gráfico 3).

Tabla 4
Rugosidad media y DS por grupo (um)

Grupo	Rugosidad (um)
Control	,63 ± ,08
Jota	,86 ± ,17
Brasseler	,67 ± ,09
Ultradent	,31 ± ,04
Total	,56 ± ,25

Gráfico 3: Rugosidad media por grupo (um)



La prueba ANOVA (tabla 5) estimó una significancia $p < 0,01$, que permitió inferir que existieron diferencias significativas en la rugosidad superficial media (R_s) entre los cuatro grupos, por lo que fue necesario el test *post Hoc* de Tukey (tabla 6).

Tabla 5

Resultados ANOVA

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significancia
Entre grupos	3,745	3	1,248	107,635	,000
Dentro de grupos	1,067	92	,012		
Total	4,812	95			

Tabla 6

Resultados de test de Tukey

(I) Grupo		Diferencia de medias (I-J)	Significancia
Control	Jota	-0,23	,00
	Brasseler	-0,04	,58
	Ultradent	0,32	,00
Jota	Control	0,23	,00
	Brasseler	0,19	,00
	Ultradent	0,55	,00
Brasseler	Control	0,04	,58
	Jota	-,19071	,00
	Ultradent	0,36	,00
Ultradent	Control	-0,32	,00
	Jota	-0,55	,00
	Brasseler	-0,36	,00

La tabla 6 indica la diferencia de medias y su valor de significancia, permitiendo concluir que tras el pulido, el único sistema que genera una rugosidad menor al grupo control, es el sistema Ultradent ($p < 0,01$). El sistema Jota presenta un valor distinto al control pero con rugosidad superior ($p < 0,01$) y el sistema Brasseler, por su lado, no presentó diferencia significativa respecto al grupo control.

5. DISCUSIÓN

Hoy en día, debido a la introducción de nuevos sistemas cerámicos en la odontología, es importante conocer los distintos métodos de pulido, así cómo, los diferentes sistemas que existen en el mercado para poder proporcionar una superficie lisa después de un ajuste oclusal efectuado en restauraciones cerámicas en boca. Ya que al realizar abrasiones en las restauraciones cerámicas, se produce un deslustre de la capa superficial del material, provocando una rugosidad excesiva en la porcelana. En este estudio se compararon los efectos de tres diferentes sistemas de pulido intraoral de cerámica después de ser sometida a desgastes con una fresa de diamante, se comprueba que los sistemas de pulido de cada casa comercial dan resultados distintos en la eliminación de la rugosidad en la porcelana de disilicato de litio.

En esta investigación, donde se compararon los efectos provocados por los sistemas de pulido intraoral en cerámica de disilicato de litio, de las casas comerciales Jota (Suiza), Brasseler (USA) y Ultradent (USA), se encontró que el sistema Ultradent proporciona una mayor disminución de rugosidad superficial en comparación a las otras dos marcas estudiadas. De igual manera, en estudios previos realizados por Wright et al., (2004), donde se evaluaron 3 diferentes sistemas de pulido intraoral para el pulido de cerámica de baja fusión (Finesse), encontraron que uno de los sistemas de pulido (Axis Kerr, USA), proporcionaba una superficie más lisa que los sistemas de Brasseler (USA) y Jelenko (USA)³. Por lo tanto, se comprueba que los instrumentos intraorales de pulido de cerámica difieren en su eficacia según la casa comercial.

Al hablar de sistemas de pulido, es importante conocer que existen diferentes métodos intraorales y extraorales, así como distintas casas comerciales. En esta

investigación, donde se usaron sistemas de 3 casas comerciales (Jota, Brasseler y Ultradent), se encontraron diferencias significativas en la rugosidad producida por el pulido en la cerámica. Por otro lado, en un estudio realizado por Bessing & Wiktorsson (1983), donde usaron dos diferentes casas comerciales de pulido extraoral en cerámica feldespática, demostraron, que no existía una diferencia estadísticamente significativa entre las dos casas comerciales: Shofu porcelin polishing kit (Japón) y Slurry of flour of pumice (USA). Con lo que se comprueba nuevamente que los resultados obtenidos son distintos dependiendo de la marca del instrumento de pulido, y si es un sistema intraoral o extraoral.

En el estudio de Wang et al., (2009), compararon la rugosidad superficial de porcelana dental siguiendo diferentes procedimientos de pulido. Se asignaron aleatoriamente en seis grupos según diferentes tratamientos de pulido: Grupo 1: Sistema de pulido CeraMaster (CP); Grupo 2: pasta de pulido de diamante CP + (DP); Grupo 3: Sistema de pulido Sof-Lex (SS); Grupo 4: SS + DP; Grupo 5: pulido de papel SiC; Grupo 6: glaseado (control). Después de los tratamientos respectivos, los valores de rugosidad de la superficie se midieron usando un rugosímetro. Los resultados concluyeron que una combinación del sistema de pulido CeraMaster y una pasta de pulido diamantada podría producir una suavidad superficial similar a la de la superficie reglaseada de la porcelana, mientras que el sistema de pulido Sof-Lex fue el menos eficaz que el glaseado de la cerámica. Este estudio corrobora el uso de pasta diamantada para mejorar los resultados finales de un pulido de cerámica intraoral. Apoyando así, la utilización de pasta diamantada usada en esta investigación.

En un artículo publicado por Anmol et al., (2014), evaluaron el efecto de dos sistemas de pulido y pasta diamantada en la superficie de dos materiales cerámicos. En el

estudio se usaron 40 muestras divididas en dos grupos, uno de 20 especímenes de porcelana feldespática y 20 de leucita de flourapatita. En los dos grupos se usaron dos distintos sistemas de pulido: Soft Lex y silicona blanca y goma gris respectivamente. Los resultados concluyeron que la rugosidad superficial era menor en las superficies pulidas en comparación a las muestras glaseadas. Por otro lado, los discos Soft Lex obtuvieron una superficie más lisa en comparación a la silicona blanca y gris. Este artículo presentó resultados similares a los presentados por Al- Wahadni et al., (1998), que probó que las superficies cerámicas pulidas presentan una disminución mayor de la rugosidad en comparación a las superficies glaseadas. Por lo que se justifica la utilización de instrumentos de pulido intraorales para la eliminación efectiva de la rugosidad superficial de las cerámicas dentales. Este estudio corrobora los resultados encontrados por Fasbinder et al., (2016), quienes analizaron bloques monolíticos CAD/CAM de cerámica feldespática reforzada con leucita, encontraron que los sistemas de acabado y pulido provocaban una superficie más lisa que las superficies glaseadas.

Sin embargo, existen sistemas de pulido intraoral, que son incapaces de brindar una superficie tan lisa como el glaseado. En un estudio realizado por Fuzzi et al., (1996), se compararon la efectividad de 9 diferentes sistemas de pulido y combinación de métodos en cerámica Vita VMK. El estudio inició con el glaseado o acristalamiento en el horno de 54 muestras de cerámica Vita VMK, las cuales fueron separadas en 9 grupos de 6 muestras cada uno. Se usaron fresas de distinto grosor de diamante (fino, extrafino, ultrafino de Brasseler), fresas de carburo, ruedas de goma (Dental Shofu) y geles de diamante. Se combinaron los sistemas de diferente manera en los distintos grupos. El pulido se analizó cualitativamente usando microscopía electrónica de barrido y cuantitativamente usando un

perfilómetro. Los resultados mostraron que el glaseado producía una superficie más fina que las técnicas de pulido y que el mejor valor medio de rugosidad se obtuvo utilizando instrumentos de diamante con tamaños progresivamente más pequeños (30, 15 y 8 micras).

De igual forma, en el estudio realizado por Silva et al., (2008), se evaluó el efecto de diferentes técnicas de pulido y la rugosidad superficial (parámetro Ra) de porcelana feldespática, después de la eliminación de la superficie acristalada. Las muestras fueron divididas aleatoriamente en 4 grupos experimentales y 1 grupo control (n = 8 / grupo). Para los grupos experimentales, la capa esmaltada se eliminó con un instrumento rotatorio de diamante y la superficie se pulió con: puntas de goma (Edenta), fresas de acabado de acero (Meisinger), punta de caucho de silicona (Shofu) + rodillo de fieltro de diamante (FGM), pasta de diamante (diamante Excel, FGM), o discos de óxido de aluminio (Sof-Lex, 3M-ESPE) + rodillo de fieltro de diamante + pasta de diamante. Se concluyó que las técnicas de pulido probadas no fueron capaces de proporcionar una superficie de porcelana tan suave como la superficie glaseada.

Por otro lado, según un estudio realizado por Capellozza et al., (2012), donde probaron la efectividad de diferentes sistemas de pulido en cerámica IPS Empress 2, encontraron que tanto el sistema de pulido de Sorensen (Brasil) como el de Shofu (Japón), producían una mayor rugosidad que el grupo control, el cual presentada una capa externa de glaze. De igual forma, Tholt de Vasconcellos & Thompson en el 2006, realizaron un estudio con 3 distintos tipos de cerámica: Vitadur Alpha, IPS Empress 2 and AllCeram, los 3 tipos de cerámica fueron abrasionadas para simular un ajuste oclusal en boca, seguido de esto se aplicaron 5 diferentes métodos de sistemas de pulido: Eve system, Identoflex system y Shofu, los cuales se compararon con un grupo control el cual estaba compuesto por

porcelanas glaseadas. Los efectos de la rugosidad fueron evaluados con un rugosímetro para obtener la medida Ra (rugosidad media) y un microscopio electrónico de barrido para obtener el Ry (rugosidad máxima). Los resultados Ra mostraron que no existe una diferencia significativa entre los distintos sistemas de pulido utilizados, ni una diferencia significativa de los grupos de pulido en comparación con las superficies glaseadas. Mientras que los resultados Ry mostraron que los sistemas de pulido empleados no producen una superficie tan lisa como las cerámicas glaseadas.

El estudio presentado en esta investigación obtuvo resultados similares a los encontrados por Bini et al., (2011), quienes compararon superficies cerámicas glaseadas y pulidas. El procedimiento de pulido se llevó a cabo con diferentes sistemas, y se dividió en grupos de 4, de la siguiente manera: G1 - fresas Komet – Brasseler de diamante, G2 - goma abrasiva Komet, G3 - Ceramiste (Shofu Dental) pulidores suaves, G4 - pulidores para acabado de resinas compuestas (Caulk Dentsply). Los resultados no mostraron una diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes grupos de pulido y el grupo control. Al comparar el estudio de Bini y colaboradores con la presente investigación de la evaluación del pulido proporcionado por las tres casa comerciales: Jota, Brasseler y Ultradent, se encontró que el sistema de Brasseler presentó resultados similares al grupo control, y que Ultradent, incluso, superó la lisura del grupo control. Por lo tanto, se puede decir que los sistemas de acabado y pulido pueden utilizarse para obtener una rugosidad superficial similar a la rugosidad superficial del auto-glaseado, lo que permite al clínico realizar el ajuste oclusal y el pulido, eliminando la necesidad de mandar nuevamente al laboratorio para un reglaseado, con una optimización evidente de tiempo.

En una investigación publicada por Wernecka & Piero et al., (2008), se evaluó la rugosidad superficial (Ra) de porcelana feldespática glaseada y sometida a dos sistemas de acabado y pulido después de la simulación de ajuste oclusal. Los sistemas de pulido empleados fueron: grupo A (EXA-Cerapol 352 y 362, Cerapol Super 372) y grupo B donde se utilizaron puntas de acabado de silicona del sistema Tri Hawk. Los resultados mostraron que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las superficies pulidas y las glaseadas.

Es una práctica común de los clínicos ajustar las superficies de porcelana de las prótesis dentales. El cambio en la rugosidad superficial después de diferentes técnicas de acabado, ha atraído la atención de los prostodoncistas. En un estudio efectuado por Al-Wahadni et al., (2006), se realizó una investigación de la rugosidad superficial media de 2 cerámicas dentales: IPS Empress 2 e In-Ceram Alumina / Vitadur Alpha ceramics. Este estudio concluyó que independientemente del tipo de cerámica o pretratamiento, cualquier restauración de cerámica ajustada debe ser re- glaseada o sometida a una secuencia de pulido usando pasta diamantada.

Este estudio evidencia que existen casas comerciales que proveen sistemas tanto de pulido extraoral como intraoral para restauraciones cerámicas, capaces de reproducir la suavidad de superficie que brinda el glaseado e incluso superarlo. De igual manera, es importante tomar en cuenta, que las distintas marcas de sistemas de pulido intraoral, proporcionan diferentes rangos de rugosidad, y la evidencia científica es el único método objetivo de proporcionar información veraz de qué sistema de pulido es el más eficiente en el mercado.

6. CONCLUSIONES

- Existe una diferencia estadísticamente significativa del pulido proporcionado en la cerámica de disilicato de litio entre las tres casas comerciales estudiadas: Jota, Brasseler y Ultradent en cuanto a la disminución de rugosidad que generan en una superficie cerámica abrasionada.
- El kit de pulido intraoral que tuvo más eficacia en la disminución de la rugosidad superficial fue el sistema de Ultradent con una medida de $0,31 \pm 0,04$ um, seguido del sistema de pulido Brasseler con $0,67 \pm 0,09$ um y el sistema Jota generó una rugosidad superficial de $0,86 \pm 0,17$ um.
- El estudio estadístico demostró que el kit de pulido intraoral de Ultradent fue el que mejores resultados obtuvo en cuanto a la disminución de la rugosidad superficial de la cerámica de disilicato de litio.
- El sistema de pulido de cerámica intraoral que presentó la menor variabilidad entre sus muestras, fue el de Ultradent, demostrando que la utilización de este sistema es seguro.
- El kit de pulido intraoral Jota proporcionó una rugosidad superficial mayor estadísticamente significativa en comparación al sistema de pulido Brasseler y Ultradent.
- Las casas comerciales de Jota y Brasseler no proporcionan una superficie tan suave. Sin embargo, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la rugosidad obtenida por la casa comercial Brasseler y el grupo control.

7. RECOMENDACIONES

Después de finalizada la presente investigación y analizado los resultados obtenidos se hacen las siguientes recomendaciones:

- Se deberían realizar investigaciones futuras comparando sistemas de pulido intraorales y extraorales, para determinar si los procedimientos efectuados en boca pueden ser tan efectivos como los que se consiguen en el laboratorio.
- De igual manera, se recomienda evaluar distintas casas comerciales de sistemas de pulido intraoral de las presentadas en este estudio, para encontrar otro método de alta eficacia en el mercado.
- Es de suma importancia seguir los procedimientos que indican las instrucciones de cada casa comercial para conseguir un resultado eficaz en la eliminación de la rugosidad de una superficie cerámica.
- Es aconsejable realizar futuras investigaciones sobre el método de pieza de mano utilizada, donde se debe comparar la eficacia de las piezas de mano de sistema neumático y de sistema eléctrico, para verificar si existe una diferencia significativa en el pulido brindado.
- Es fundamental cambiar los pulidores de diamante, sin imputar la casa comercial, después de un determinado tiempo de uso para poder conseguir los resultados esperados en la eliminación de la rugosidad superficial de las cerámicas dentales.
- Por último, siempre que se efectúe un ajuste oclusal en boca de una restauración cerámica, ésta debe ser pulida o reglaseada en el laboratorio, para así conseguir una superficie lisa, que impida el desgaste excesivo de los dientes antagonistas, así como la

acumulación de placa bacteriana y la posible disminución de la resistencia de estos materiales.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Al-Hiyasat, A., Saunders, W., Sharkey, S., & Smith, G. (1997). The Abrasive Effect of Glazed, Unglazed, and Polished Porcelain on the Wear of Human Enamel, and the Influence of Carbonated Soft Drinks on the Rate of Wear, W. Harper Cilmour. *The International Journal of Prosthodontics* V 10 N3 , 270- 282.
- Alvarenga de Oliveira, A. (2014). *Comprender Planificar y Ejecutar El universo estético de las restauraciones en cerámica*. Sao Paulo, Brasil: AMOLCA.
- Al-Wahadni, A. (2006). An in vitro investigation into the surface roughness of 2 glazed, unglazed, and refinished ceramic materials. *QUINTESENCE INTERNATIONAL* , 37 (4).
- Al-Wahadni, M. (1998). Glazing and finishing dental porcelain: a literature review. *J Can Dent Assoc* , 64 (8), 580-583.
- Bertoldi, A. (2012). Porcelanas Dentales. *Revista del A. A. O.* , 1 (2), 25-41.
- Bessing, G., & Wiktorsson, A. (1983). Comparison of two different methods of polishing porcelain. *Scand J Dent Res* , 91 (7).
- Bini, N., Vasconcellos, F. d., Depes de Gouvea, C., Carvalho, W., Faria, V., & Oliveira, H. d. (2011). Rugosidade Superficial de uma Cerâmica Glazeada e Submetida a Diferentes Sistemas de Polimento. *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada Journal* , 11 (4).
- Bona, A. D. (2009). *Adhesión a las cerámicas, evidencias científicas para el uso clínico*. Sao Paulo: Artes Médicas Latinoamérica.
- Bottino, M., Ferreira, A., Miyashita, E., & Giannini, V. (2001). *Estética en Rehabilitación Oral Metal Free*. Sao Paulo, Brasil: Artes médicas Latinoamérica.
- Brasseler USA Dental Instrumentation, S. F. (2017). Polishing Systems, Spear Dialite Intra- Oral Porcelain polishing. *Brasseler USA* , 800 (841).
- Butler, C., Masri, R., Driscoll, C., Thompson, G., Runyan, D., & Von Fraunhofer, A. (2004). Effect of fluoride and 10% carbamide peroxide on the surface roughness of low-fusing and ultra low-fusing porcelain. *J Prosthet Dent.* , 92 (2), 179- 183.
- Campbell, S. D. (1989). Evaluation of surface roughness and polishing techniques for new ceramic materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry* , 61 (5), 563- 568.

- Capelozza, J., Nishida, R., Afif, A., Martins, D., Santos, J., & Campos, E. (2012). Effect finishing and polishing procedures on the surface roughness of IPS Empress 2 ceramic. *Journal Acta Odontologica Escandinavica* , 71, 438- 443.
- Cherry, A., & Sumeet, S. (2014). Effect of two different nishing systems on surface roughness of feldspathic and uorapatite porcelains in ceramo-metal restorations: Comparative in vitro study. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry* , 4 (1).
- Christensen, G. J. (2007). Ask Dr Christensen. Dental Economics. *Dentistry IQ* , 97 (4).
- Chu, F., Frankel, N., & Smales, R. (2000). Surface Roughness and Flexural. *The International Journal of Prosthodontics* , Volume 13, Number 1.
- Dalkiz, M., Sipahi, C., & Beydemir, B. (2009). Effects of six surface treatment methods on the surface roughness of a low-fusing and an ultra low-fusing feldspathic ceramic material. *J Prosthodont* , 18 (3), 217-222.
- Da Silva, T., Rodrigues, A., Furtado, R., & Pagani, C. (2014). Polishing for glass ceramics: Which protocol? *Elsevier* , 58 (3).
- Dine, L. (2000). Polishing wheels. *Quintessence International* , 20 (8), 611.
- Fasbinder, N. (2016). Surface Evaluation of Polishing Techniques for New Resilient CAD/CAM Restorative Materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* , 28 (1), 56-66.
- Figueroa, R., Goulart, F., Furtado de Carvalho, R., Pessoa, F., & Afonso de Miranda, M. d. (2014). Rehabilitation of Anterior Teeth with Ceramic Lithium Disilicate System. *Int. J. Odontostomat.* , 8 (3), 469-474.
- Fradeani, M., & Barducci, G. (2006). *La Rehailitación Estética en Prostodoncia Fija* (Vol. 2). Ancona, Italia: Editorial Quintessence.
- Fuzzi, M., Zacclieronni, Z., & Vallnnia, G. (1996). Scanning Electron Microscopy and Profilometer Evaluation of Glazed and Polished Dental Porcelain. *The International Journal of Prosthodontics* , 9 (5).
- Geissberger, M. (2012). *Odontología Estética en la Práctica Plínica* . San Francisco , California, Estados Unidos : AMOLCA.
- Gonuldas, F., Yilmaz, K., & Ozturk, C. (2014). The effect of repeated firings on the color change and surface roughness of dental ceramics. *The Journal of Advanced Prosthodontics* , 6 (4).
- Güler, A. U. (2009). Effects of different polishing techniques on the surface roughness of dental porcelains. *J Appl Oral Sci* , 18 (1), 10-16.

- Guazzato, A. M. (2004). Effect of sandblasting, grinding, polishing and glazing on the flexural strength of two pressable all-ceramic dental materials. *J Dent.* , 32 (2), 91-99.
- Haywood, V., Heymann, H., & Kusy, R. (1988). Polishing porcelain veneers: an SEM and specular reflectance analysis. *4* (3), 116-121.
- Haroon, R. (2012). Evaluation of the surface roughness of a standard abraded dental porcelain following different polishing techniques. *Journal of Dental Sciences* , 7 (2).
- Henostroza, G., Garone, W., Steenbecker, O., & Edelberg, M. (2010). Adhesión en Odontología restauradora. Curitiba, Paraná, Brasil: MAIO.
- Jagger, H. A. (1994). An in-vitro investigation into the wear effects of unglazed, glazed and polished porcelain on human enamel. *J Prosthet Dent* , 72 (3), 320.
- James, D., Tietge, D., Dixon, L., & Breeding, L. C. (1992). The Effect of Polishing Porcelain Laminates on Induced I-Bar Wear. *The International Journal of Prosthodontics* , 5 (6).
- Janyavula, S., Lawson, N., Lucas, T., & Cakir, D. (2014). Enamel wear opposing polished and aged zirconia. *Oper Dent* 39 , 189-194.
- Jefferies, S. (1998). The art and science of abrasive finishing and polishing in restorative dentistry. *Dent Clin North Am* , 42 (4), 613-627.
- Jeneric /Pentron Deutschland, G. (abril de 2017). *Jeneric /Pentron Deutschland GMBH*. (J. /. GMBH, Productor) Obtenido de 3G HS Pellets: <http://www.jeneric-pentron.de/index.php?id=34&L=1>
- Jota AG Rotary Instruments, S. m. (2017). NANO CERAMIC LAB POLISHING KIT for Hybrid Ceramics. *jota on the spot* , 2 (94), 1-4.
- Kina, S., & Bruguera, A. (2008). Invisible: Restauraciones Estéticas Cerámicas. Sao Paulo, Brasil: Artes Médicas Latinoamérica.
- Klausner, L., Cartwright, C., & Charbeneau, G. (1982). Polished versus autoglazed porcelain surfaces. *J Prosthet Dent* , 47 (2), 157-162.
- Lawson, N., Janyavula, S., Syklawer, S., McLaren, E., & Burgess, J. (2014). Wear of enamel opposing zirconia and lithium disilicate after adjustment, polishing and glazing. *Elsevier* , 42(12).
- López, M. L., & Proaño, P. (2015). Estudio comparativo in vitro de pulido de porcelana feldespática usando instrumentos intraorales y pastas diamantadas. *OdontoInvestigacion* , 92 (94), 14-20.

- Magar, S., Bhandari, A., & Lagdive, S. (2012). A Comparative Evaluation of the surface roughness of two glazed, unglazed and polished ceramic materials. *Indian Journal of Basic & Applied Medical Research* , 2 (1), 103-110.
- Magne, P., & Besler, U. (2006). Restauraciones de Porcelana Adherida en los Dientes Anteriores, Método Biomimético. Ginebra, Suiza: Quintessence Books.
- Manjuran, N., & Sreelal, T. (2014). An In Vitro Study to Identify a Ceramic Polishing Protocol Effecting Smoothness Superior to Glazed Surface. *The Journal of Indian Prosthodontic Society* , 14 (3), 219-227.
- Martínez, F., Pradíes, R., Suárez, G., & Rivera, M. (2007). Cerámicas dentales: clasificación y criterios de selección. *Scielo* , 12 (4).
- Mezzomo, E. (2010). Rehabilitación Oral Para el Clínico. São Paulo, Brasil: AMOLCA.
- Miyashita, E., & Salazar Fonseca, A. (2005). Odontología Estética el estado del arte. Sao Paulo: Artes médicas latinoamérica.
- Montagna, Fabrizio. (2008). *De la Cera a la Cermámica Conocimientos básicos para una colaboración eficaz entre técnicos dentales y odontólogos*. Verona, Italia: AMOLCA.
- Montagna, F., & Barbesi, M. (2013). Cerámicas, Zirconio y CAD/CAM. Verona, Italia: AMOLCA.
- Motro, P., & Kursoglu, P. (2012). Effects of different surface treatments on stainability of ceramics. *J Prosthet Dent* , 108 (4), 213-217.
- Nandini, S., Velmurugan, N., & Kandaswamy, D. (2006). Abrasion between ceramics and natural teeth. *Dental Abstracts* , 32 (10), 238.
- Owen, S., Reaney, D., & Newsome, P. (2012). Finishing and polishing porcelain surfaces chairside. *International Dentistry* , 6 (4), 68-73.
- Patterson, C., McLundie, A., Stirrups, D., & Taylor, W. (1991). Refinishing of porcelain by using a refinishing kit. *J Prosthet Dent* , 65 (3), 383-388.
- Phillips, A. K. (2008). Ciencia de los materiales dentales. Barcelona, España: Editorial ELsevier.
- Raimondo, R., Richardson, J., & Wiedner, B. (1990). Polished versus autoglazed dental porcelain. *J Prosthet Dent.* , 64 (5), 553-557.
- Rocha, D., Travassos, A., & Pagani, C. (2011). Evaluación in vitro de la influencia de sistemas de pulimento intra-oral en la rugosidad superficial de una cerámica odontológica después del ajuste. *Acta Odontológica Venezolana* , 49 (3).

- Rosenstiel, S. F., Baiker, M. A., & Jhonston, W. M. (1989). A Comparison of Glazed and Polished Dental porcelain. *The International Journal of Prosthodontics* , 2 (6).
- Rosenstiel, S., Land, M., & Fujimoto, J. (2017). *Prótesis Fija Contemporánea*. Barcelona, España: ELSEVIER.
- Saiki, O., Koizumi, H., Akazawa, N., & Kodaira, A. (2016). Wear characteristics of polished and glazed lithium disilicate. *Journal of Oral Science*, Vol. 58, No. 1 , 117-123.
- Saldarriaga, L. (2014). Nivel de conocimiento en la clasificación y criterios de selección de cerámicas dentales en los residentes de postgrado de rehabilitación oral y odontología estética y restauradora de la Universidad Científica del Sur. *Universidad Científica del Sur, Facultad de ciencias de la salud, Escuela de estomatología* , 12-13.
- Sarac, D., Sarac, Y., & Yuzbasioglu, E. (2006). The effects of porcelain polishing systems on the color and surface texture of feldspathic porcelain. *Journal of Prosthetic Dentistry*. Vol. 96 Issue 2 , p122-128. 7p.
- Shillingburg, H., Hobo, S., Whitsett, L., Jacobi, R., & Brackett, S. (2010). *Fundamentos esenciales de prótesis fija*. Oklahoma, USA: Quintessence Books.
- Silva, M. C., Correia, A., Baptista, C., & Sepúlveda, M. (2008). The effect of polishing techniques on the surface roughness of a feldspathic porcelain. *Rev. odonto cieñc* , 23 (4).
- Scurria, M., & Powers, J. (1994). Surface roughness of two polished ceramic materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry* , 71 (2), 174-177.
- Tagliari, R., Borba, M., Corazza, P., Della Bona, Á., & Benetti, P. (2017). Influence of surface finishing on fracture load and failure mode of glass ceramic crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry* , 12 (12).
- Tholt de Vasconcellos, M., & Thompson, O. (2006). Surface roughness in ceramics with different finishing techniques using atomic force microscope and profilometer. *Operative Dentistry* , 31 (4), 442-449.
- Ultradent products, I. (2017). Jiffy Universal Ceramic Finishing. *Jiffy Universal Ultradent INC.* , 84 (95).
- Wang, F., Chen, J.-H., & Wang, H. (2009). Surface Roughness of a Novel Dental Porcelain Following Different Polishing Procedures. *The International Journal of Prosthodontics* , 22 (1).
- Wernecka, R., & Piero, M. (2008). Rugosidade superficial de uma porcelana feldspática odontológica após simulacão de ajuste oclusal e polimento. *Rev. odonto cieñc* , 23 (2).

- W&H. (03 de mayo de 2017). *W&H Dentalwerk*. (W&H, Productor) Obtenido de http://www.wh.com/es_global/grupo-wh/empresa/
- Wright, M., Masri, R., Driscoll, C., Romberg, E., Thompson, G., & Runyan, D. (2004). Comparison of three systems for the polishing of an ultra-low fusing dental porcelain. *J Prosthet Dent* , 92 (5), 486-490.
- Xue, L., Meng, Y., & Tang, X. (2012). The influence of glazing and polishing on ceramic surface roughness and bacterial adhesion. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi* , 30 (1), 10-17.
- Yilmaz, C., & Korkmaz, T. (2007). Color Stability of Glazed and Polished Dental Porcelains. *Journal of prosthodontics* .
- Yilmaz, K., & Ozkan, P. (2010). The methods for the generation of smoothness in dental ceramics. *Compend Contin Educ Dent.* , 31 (1), 30-38.
- Yuzugullu, B., Celik, C., Erkut, S., & Burak, T. (2009). The Effects of Extraoral Porcelain Polishing Sequences on Surface Roughness and Color of Feldspathic Porcelain. *The International Journal of Prosthodontics* , 11 (26).

9. ANEXOS

9.1 Anexo 1: Certificado de pruebas de medición de rugosidad superficial realizadas en el laboratorio de Metrología de la empresa "Metrólogo Medidas" por el ingeniero Edwin Hernán Tayupanta Mena

	<p>EDWIN HERNÁN TAYUPANTA MENA SERVICIOS PROFESIONALES PARA EDUCACIÓN SUPERIOR RUC. 1708248628001</p>
<p>ASESORIAS Y SERVICIOS METROLÓGICOS DE MEDICIONES Y ACABADOS SUPERFICIALES</p>	

Sangolquí, 2017- 04-24

El suscrito, **EDWIN HERNÁN TAYUPANTA MENA** con número de RUC: 1708248628001 *Metrólogo Académico representante Técnico de la Empresa "METROLOGO MEDIDAS" con número de solicitud a la Superintendencia de Compañías 7688249.*

CERTIFICA

Que la Dra. **MARÍA ALEJANDRA BENÍTEZ AGUILAR**, con cédula de identidad 1716583966, estudiante del Colegio de Posgrados de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, ha asistido en calidad de ayudante de toma de datos de las Mediciones de Rugosidad Superficial (Ra) de las Muestras de Cerámicas Patrón y Pulidas, los días 17, 18 y 19 de abril del 2017, en el Equipo Rugosímetro Digital TESTER SRT-6200, requerimiento necesario para la elaboración de su tema de tesis:

"ESTUDIO IN VITRO DE DIFERENTES SISTEMAS DE PULIDO INTRAORAL EN CERÁMICA REFORZADA CON DISILICATO DE LITIO Y SUS EFECTOS EN LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL".

La Dra. **ALEJANDRA BENÍTEZ**, puede hacer uso del presente certificado según convenga a sus intereses.

ATENTAMENTE

EDWIN HERNÁN TAYUPANTA MENA
METROLOGO ACADÉMICO
GR.1005-03-350432

INSIZE

Tel.: (593-02) 2091543 / Cel.: 0992718167 / Código postal: 171103 / Email: ehtayupanta@espe.edu.ec
 Sangolquí – Ecuador

9.2 Anexo 2: Informe técnico de las mediciones de rugosidad superficial realizadas por el ingeniero Edwin Hernán Tuyapanta Mena en el laboratorio de metrología

“Metrólogo Medidas”

 <p>METROLOGO MEDIDAS</p>	<p>EDWIN HERNÁN TAYUPANTA MENA SERVICIOS PROFESIONALES PARA EDUCACIÓN SUPERIOR RUC. 1708248628001</p>
<p>ASESORIAS Y SERVICIOS METROLÓGICOS DE MEDICIONES Y ACABADOS SUPERFICIALES</p>	

“MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL EN MUESTRAS DE CERÁMICAS CONTROL Y PULIDAS CON JOTA, BRASSELER Y ULTRADENT”

FECHA DE RECEPCIÓN: 2017 ABRIL / 10
FECHA DE ENTREGA: 2017 ABRIL / 24

<p>NOMBRE DEL SOLICITANTE: DRA. MARÍA ALEJANDRA BENÍTEZ AGUILAR</p> <p>INSTITUCIÓN / EMPRESA : UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO COLEGIO: POSGRADOS</p>
<p>CONDICIONES AMBIENTALES: TEMPERATURA: 21.3° C - HUMEDAD RELATIVA: 56%</p>

1. EQUIPO E INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA LAS MEDICIONES DE RUGOSIDAD.

1.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS RUGOSIMETRO DIGITAL.-

EQUIPO	MARCA	SERIE	MODELO	CARACTERÍSTICAS
RUGOSIMETRO DIGITAL COMPATIBLE CON NORMAS ISO, DIN, ANSI Y JIS	TESTER SRT-6200	N628306	6200	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pantalla: 10 mm LCD con retroiluminación azul ✓ Longitud de corte (CUT OFF) 0.25mm /0.8 mm /2.5mm/0.08mm. ✓ Parámetros: Ra, Rt. ✓ Batería: Recargable de litio- ion incorporada 4X1.5AAA ✓ Apagado: Manual y Automático ✓ Unidades: μm / μin (seleccionable)
REFERENCIA PATRÓN DE RUGOSIDAD	TESTER SRT-6200	N628307	S/R	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Patrón de vidrio 1.64 (μm)
PALPADOR	TESTER SRT-6200	30441	S/R	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Radio del palpador : 10(μm) ✓ Material del palpador : Diamante ✓ Fuerza de medición del palpador: 4mN (0.4 gf.) ✓ Angulo del palpador : 90° ✓ Velocidad de palpación 0,135 mm/s con una longitud de onda límite: 0,25 mm ✓ Velocidad de palpación 0,5 mm/s con una longitud de onda límite: 0,8 mm ✓ Velocidad de palpación 1 mm/s con una longitud de onda límite: 2,5 mm ✓ Velocidad de retroceso 1 mm/s

INSIZE

Tel.: (593-02) 2091543 / Cel.: 0992718167 / Código postal: 171103 / Email: ehtayupanta@espe.edu.ec
Sangolquí – Ecuador

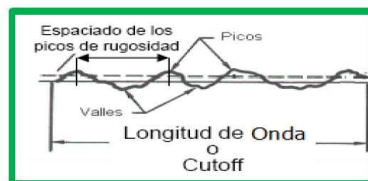
	EDWIN HERNÁN TAYUPANTA MENA SERVICIOS PROFESIONALES PARA EDUCACIÓN SUPERIOR RUC. 1708248628001
ASESORIAS Y SERVICIOS METROLÓGICOS DE MEDICIONES Y ACABADOS SUPERFICIALES	

1.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.-

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
RANGO Ra	0.0005 ~ 10 μ m / 1.000~ 400.0 μ in.
RESOLUCIÓN	0.001 μ m si la lectura de menos de 10 μ m 0.01 μ m si leyera más de 10 μ m pero menos de 100 μ m 0.1 μ m si leyera más de 100 μ m longitud
EXACTITUD	No más de \pm 10%
FLUCTUACIÓN DEL VALOR INDICADO	No más de 6%
CONDICIONES AMBIENTALES	Rango de temperatura permitido 0. +50 °C Humedad relativa permitida < 80 % H.R

2.- PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN.-

- Antes de iniciar con las mediciones de rugosidad en las muestras de cerámicas Control y Pulidas, se verifica que el Rugosímetro este calibrado, este procedimiento se lo realiza con el patrón de vidrio del equipo que tiene una medida de referencia de 1.64 (μ m) de Rugosidad Ra, con una precisión clase 2, según la norma DIN 4772 ($> \pm 10\%$), se obtiene una medida de 1.64 (μ m), el equipo de Rugosidad se encuentra calibrado. (Figuras N.1 y 2).
- Para la medición de rugosidad se gradúa el Rugosímetro Digital SRT - 6200 de acuerdo a la velocidad de desplazamiento o CUTOFF, debido a que las muestras de cerámicas, no son completamente rectas, tiene sus deformaciones se ha escogido la velocidad de palpación 0,135 mm/s con una longitud de onda límite: 0,25 mm.



Esquema N. - 1

- Se Codifican las muestra a medir sean estas Control y Pulidas ya sea con números o puntos de referencia.
- Se enumera con un marcador permanente las muestras de cerámica de la siguiente manera:
 - ✓ 1C al 24C GRUPO 1 Muestras CONTROL
 - ✓ 1J al 24J GRUPO 2 Muestras Pulidas con JOTA
 - ✓ 1B al 24B GRUPO 3 Muestras Pulidas con BRASSELER
 - ✓ 1U al 24U GRUPO 4 Muestras Pulidas con ULTRADENT
- Se comprueba con un nivel de burbuja que la base se encuentre nivelada. (Anexos).

INSIZE

Telf.: (593-02) 2091543 / Cel.: 0992718167 / Código postal: 171103 / Email: ehtayupanta@espe.edu.ec
Sangolquí – Ecuador

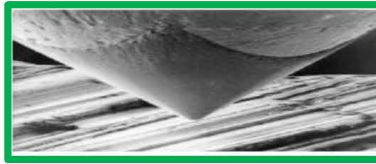


METROLOGO MEDIDAS

EDWIN HERNÁN TAYUPANTA MENA
SERVICIOS PROFESIONALES PARA EDUCACIÓN SUPERIOR
RUC. 1708248628001

ASESORIAS Y SERVICIOS METROLÓGICOS DE MEDICIONES Y ACABADOS SUPERFICIALES

- Para la medición de la rugosidad se coloca la muestra de cerámica medir en un soporte de aluminio, en su base se coloca masilla para mantenerle fija. (Anexos).
- Una vez que se coloca la muestra de cerámica control y Pulida en la base de aluminio se manipula con las perillas en sentido longitudinal, transversal, alternativo y también se puede girar sin tener contacto con la muestra a medir.
- La punta de diamante del Rugosímetro digital se coloca en la parte superior de las muestras de cerámicas Control y Pulidas para medir la Rugosidad.



Esquema N. - 2

- El procedimiento de medida se lo realiza en un recorrido longitudinal por tres o cuatro ocasiones en la misma posición hasta que la medida del Rugosímetro Digital se estabilice, después se cambia de posición hasta medir siete veces en cada muestra de cerámica control o muestras pulidas.
- Se realiza un barrido o recorrido longitudinal en las muestra de cerámicas por siete veces, para obtener un mayor número de medidas para los cálculos estadísticos correspondientes.
- Este procedimiento de medida de Rugosidad se realiza en diferentes posiciones en las muestras de cerámica Control Grupo 1, se realizaron 168 mediciones de Rugosidad. (Tablas N.1.).
- De igual manera se realizado siete mediciones en diferentes posiciones de cada una de las muestras de cerámicas Pulidas en los tres grupos: Grupo 2 JOTA, Grupo 3 BRASSELER y Grupo 4 ULTRADENT se ha realizado 504 mediciones de Rugosidad. (Tablas N.2, 3, 4.).
- En total se han realizado 672 mediciones de Rugosidad a las muestras de cerámica Control y Pulidas. (Tablas N.1, 2, 3, 4.).
- Se realizan las tablas estadísticas de la sumatoria y los promedios de las medidas, se obtiene la diferencia de la medida entre el promedio de las muestra Pulidas, por medio de fórmulas estadísticas se calcula la desviación estándar y los errores máximo y mínimo. (Tablas N.1, 2, 3,4.).
- Con la cuantificación de los resultados de las medidas, se realizan las gráficas estadísticas de los promedios finales de las medidas obtenidas de la muestra Control vs muestras Pulidas. (Gráfico N.1, 2, 3, 4,5.).

INSIZE

Telf.: (593-02) 2091543 / Cel.: 0992718167 / Código postal: 171103 / Email: ehtayupanta@espe.edu.ec
 Sangolquí – Ecuador

METROLOGO MEDIDAS

EDWIN HERNÁN TAYUPANTA MENA
SERVICIOS PROFESIONALES PARA EDUCACIÓN SUPERIOR
RUC. 1708248628001

ASESORIAS Y SERVICIOS METROLÓGICOS DE MEDICIONES Y ACABADOS SUPERFICIALES

3.- VERIFICACIÓN DEL RUGOSIMETRO CON EL PATRÓN.-



Figura N. 1. Verificación de la Rugosidad (Ra) con Patrón del Equipo

3.1- LECTURA DIGITAL RUGOSIMETRO.-



Figura N. 2. Medida de Rugosidad (Ra) obtenida en la pantalla led del Rugosimetro

3.2- MEDICIÓN RUGOSIDAD DE MUESTRA DE CERÁMICA.-

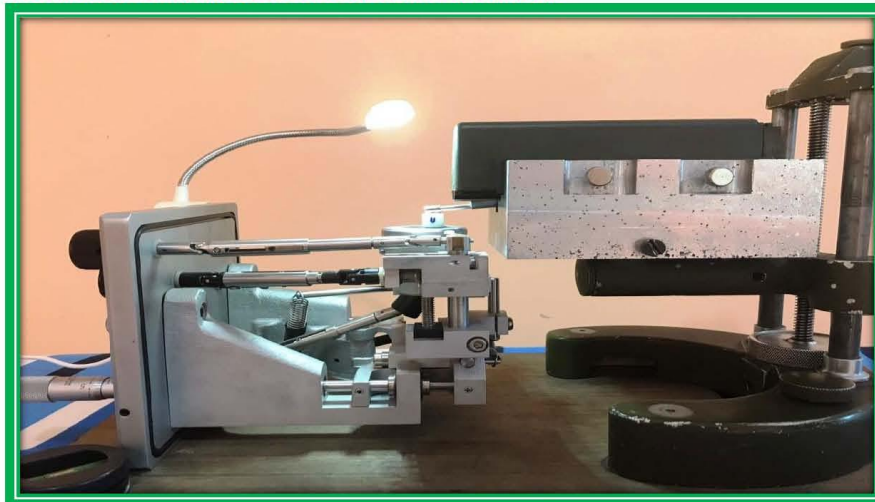


Figura N. 3. Medición de Rugosidad (Ra) en una muestra de cerámica Pulida ULTRADENT

INSIZE

Telf.: (593-02) 2091543 / Cel.: 0992718167 / Código postal: 171103 / Email: ehtayupanta@espe.edu.ec
 Sangolquí – Ecuador



METROLOGO MEDIDAS

EDWIN HERNÁN TAYUPANTA MENA
SERVICIOS PROFESIONALES PARA EDUCACIÓN SUPERIOR
RUC. 1708248628001

ASESORIAS Y SERVICIOS METROLÓGICOS DE MEDICIONES Y ACABADOS SUPERFICIALES

4.1. GRÁFICO ESTADÍSTICO.

**PROMEDIOS INDIVIDUALES VS PROMEDIO FINAL MUESTRA
CONTROL GRUPO 1**

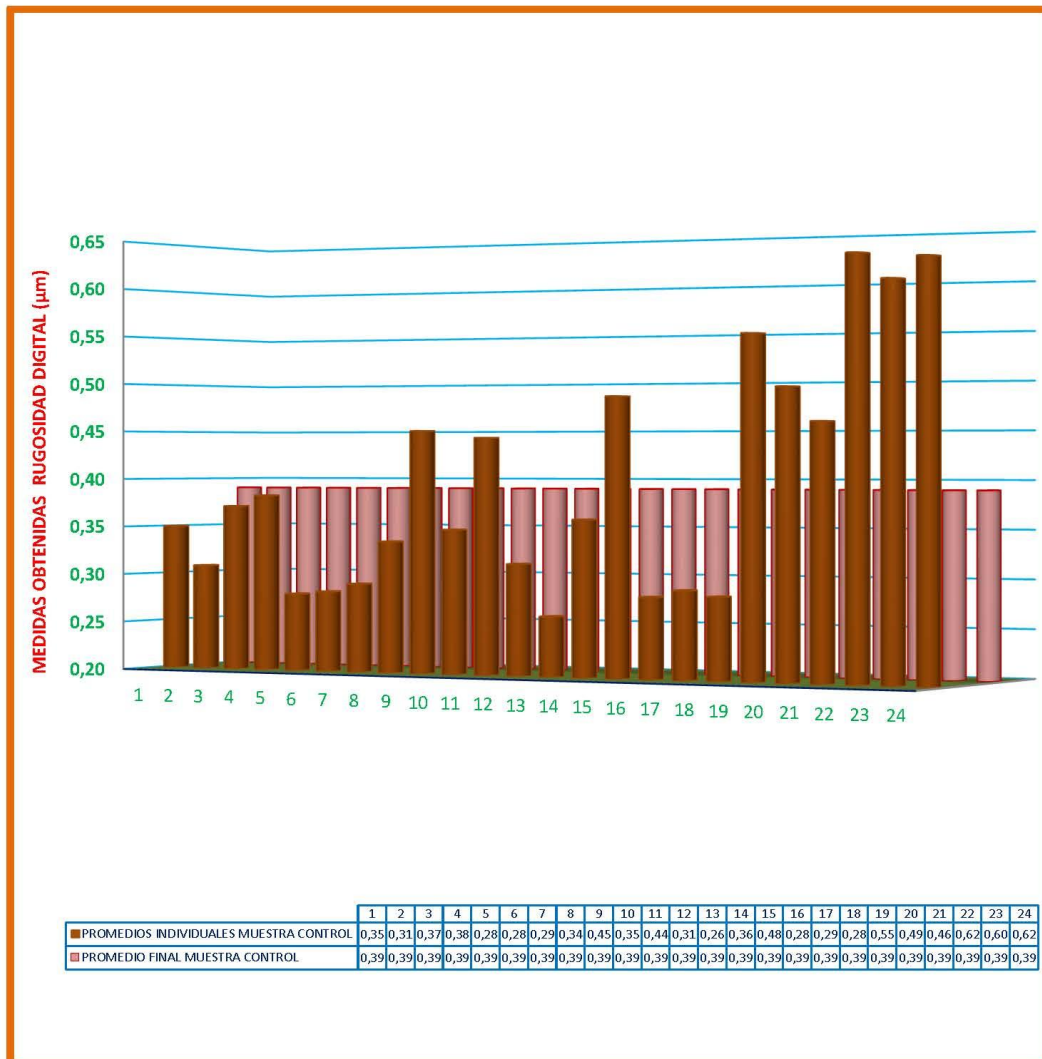


GRÁFICO N.1





METROLOGO MEDIDAS

EDWIN HERNÁN TAYUPANTA MENA
SERVICIOS PROFESIONALES PARA EDUCACIÓN SUPERIOR
RUC. 1708248628001

ASESORIAS Y SERVICIOS METROLÓGICOS DE MEDICIONES Y ACABADOS SUPERFICIALES

5.1. GRÁFICO ESTADÍSTICO.

PROMEDIOS INDIVIDUALES VS PROMEDIO FINAL MUESTRA PULIDAS CON JOTA GRUPO 2

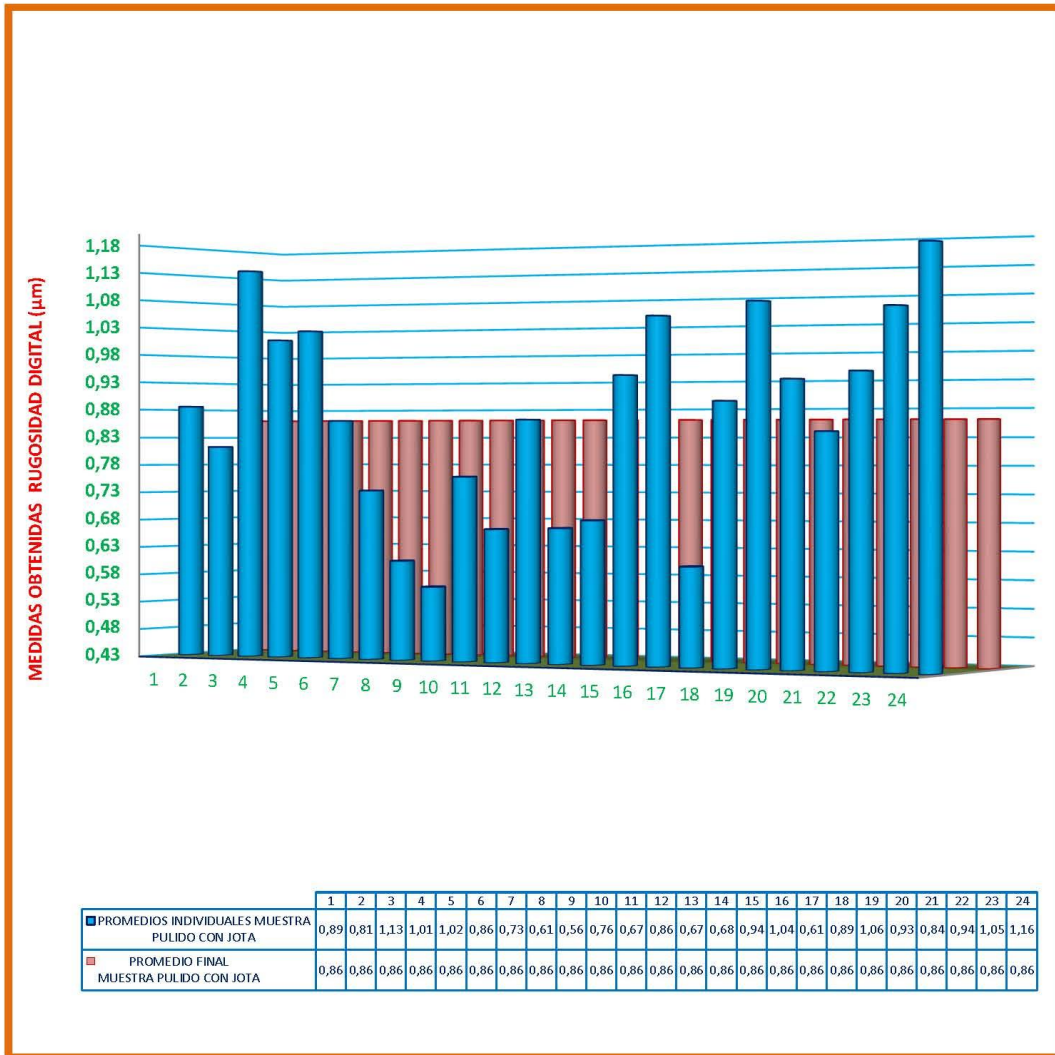


GRÁFICO N.2





METROLOGO MEDIDAS

EDWIN HERNÁN TAYUPANTA MENA
SERVICIOS PROFESIONALES PARA EDUCACIÓN SUPERIOR
RUC. 1708248628001

ASESORIAS Y SERVICIOS METROLÓGICOS DE MEDICIONES Y ACABADOS SUPERFICIALES

6.1. GRÁFICO ESTADÍSTICO.

**PROMEDIOS INDIVIDUALES VS PROMEDIO FINAL PULIDAS
CON BRASSELLER GRUPO 3**

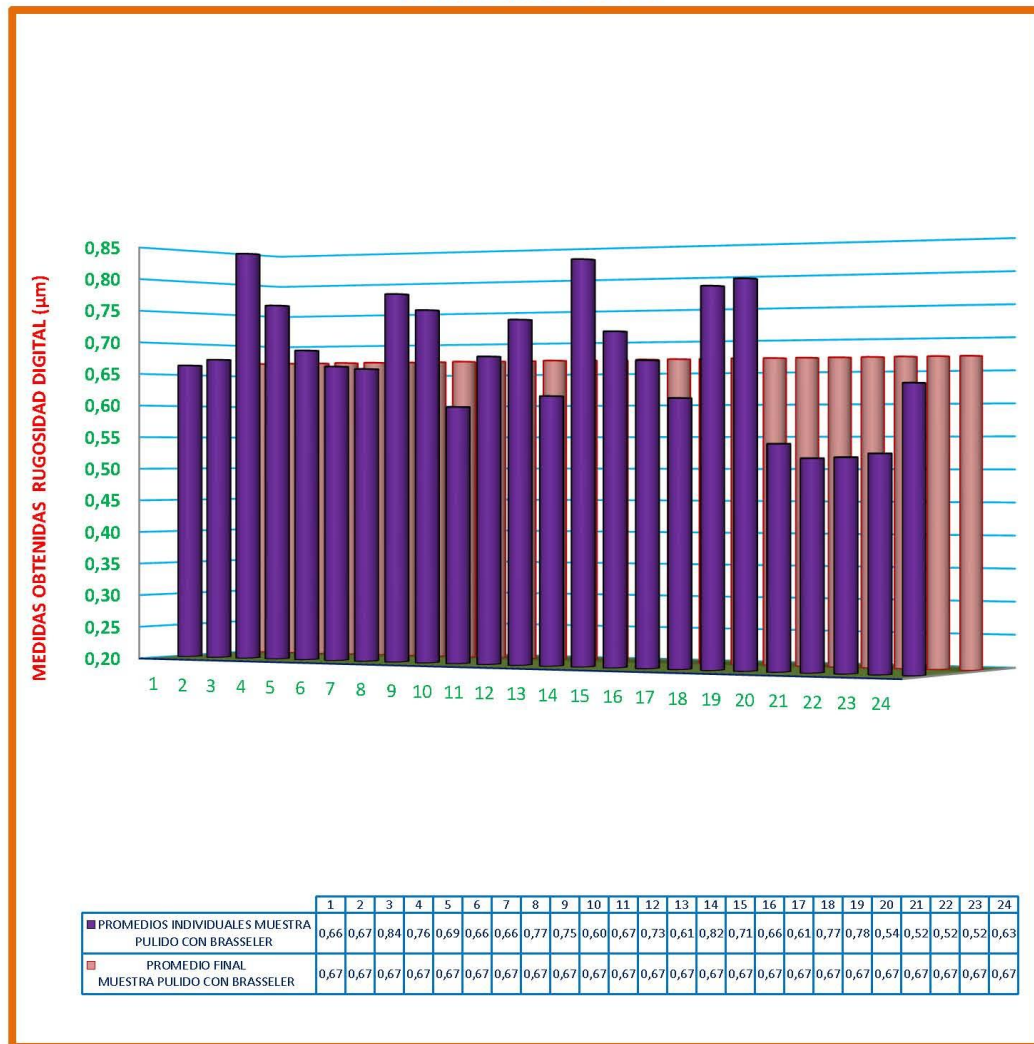


GRÁFICO N.3





METROLOGO MEDIDAS

EDWIN HERNÁN TAYUPANTA MENA
SERVICIOS PROFESIONALES PARA EDUCACIÓN SUPERIOR
RUC. 1708248628001

ASESORIAS Y SERVICIOS METROLÓGICOS DE MEDICIONES Y ACABADOS SUPERFICIALES

7.1. GRÁFICO ESTADÍSTICO.

**PROMEDIOS INDIVIDUALES VS PROMEDIO FINAL MUESTRA PULIDAS
CON ULTRADENT GRUPO 4**



GRÁFICO N.4
INSIZE

METROLOGO MEDIDAS

EDWIN HERNÁN TAYUPANTA MENA
SERVICIOS PROFESIONALES PARA EDUCACIÓN SUPERIOR
RUC. 1708248628001

ASESORIAS Y SERVICIOS METROLÓGICOS DE MEDICIONES Y ACABADOS SUPERFICIALES

7.2. GRÁFICO ESTADÍSTICO.

DIFERENCIA DE RUGOSIDAD ENTRE LA MUESTRA CONTROL CON RESPECTO A LAS MUESTRAS PULIDAS CON JOTA, BRASELER Y ULTRADENT.

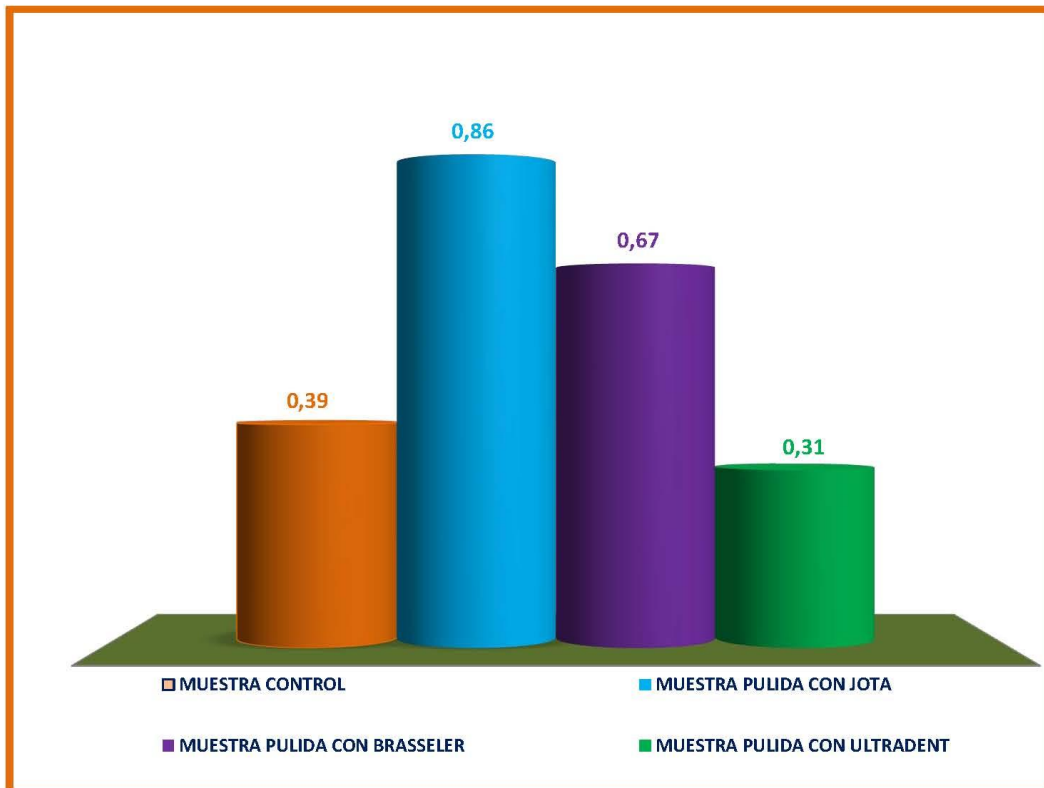


GRÁFICO N.5

8.- FIRMAS DE RESPONSABILIDAD.

DRA.ALEJANDRA BENITEZ
 TESISISTA POSGRADO
 C.I.:1716583966

EDWIN TAYUPANTA MENA
 METRÓLOGO ACADÉMICO
 REG.1005-03-350432

INSIZE

Tel.: (593-02) 2091543 / Cel.: 0992718167 / Código postal: 171103 / Email: ehtayupanta@espe.edu.ec
 Sangolquí – Ecuador