

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA DE ODONTOLOGÍA



TÍTULO: COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA FUERZA DE ADHESIÓN DE POSTES DE FIBRA DE VIDRIO SOMETIDOS A TRATAMIENTO CON Y SIN SILANO

Autor: Gareth Mauricio Robles Medina

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN REHABILITACIÓN ORAL

**Chiclayo, Perú
2018**

**COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA FUERZA DE
ADHESIÓN DE POSTES DE FIBRA DE VIDRIO
SOMETIDOS A TRATAMIENTO CON Y SIN SILANO**

POR:

GARETH MAURICIO ROBLES MEDINA

Tesis presentada a la Escuela de Odontología de la Facultad de
Medicina de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo,
para optar el Título de **SEGUNDA ESPECIALIDAD
PROFESIONAL EN REHABILITACIÓN ORAL**

APROBADO POR:

Mgtr. Esp. CD. Miguel Carhuayo Matta
Presidente de Jurado

Mgtr. CD. Rosa Josefina Roncal Espinoza
Secretaria de Jurado

Mgtr. CD. Alex Chiri Portocarrero
Vocal/Asesor de Jurado

CHICLAYO, 2018

DEDICATORIA

A Dios, por darme la dicha de estar en este mundo cumpliendo mis objetivos con tanto esmero y que me dan satisfacción como persona y profesional.

A mi abuela que está en el cielo, a mis hermanos y a mis padres por ser mi soporte diario para darme la motivación necesaria.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento para los profesores Mgtr. CD. Gustavo Huertas Mogollón y Esp. Mgtr. CD. Frank Mayta Tovalino que incondicionalmente recibí su apoyo para realizar este preciado trabajo.

Mi total agradecimiento al Mgtr. CD. Roberto Tello Torres por su dirección, sus enseñanzas y por transmitir ese espíritu de nunca dejar de estudiar, mi gran y sincera admiración para él.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Formulación del problema	12
1.2 Hipótesis	12
1.5 Objetivos: General y Específicos	12
II. MARCO TEÓRICO:	14
2.1 Antecedentes del problema	14
2.2 Base teórica	26
III. MATERIALES Y MÉTODOS:	39
3.1 Tipo de estudio	37
3.2 Área de Estudio	37
3.3 Población, muestra de estudio y muestreo	37
3.4 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	40
3.5 Aspectos éticos de la Investigación	44
IV. ANÁLISIS DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	45
V. RESULTADOS	46
VI. DISCUSIÓN	54
VII. CONCLUSIONES	57
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
IX. ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA FUERZA DE ADHESIÓN DE LAS SUPERFICIES TRATADAS CON SILANO FRENTE A LAS SUPERFICIES SIN APLICACIÓN DE SILANO EN LA CEMENTACIÓN DE POSTES DE FIBRA DE VIDRIO.....Pág. 44

GRÁFICO 1. COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA FUERZA DE ADHESIÓN DE LAS SUPERFICIES TRATADAS CON SILANO FRENTE A LAS SUPERFICIES SIN APLICACIÓN DE SILANO EN LA CEMENTACIÓN DE POSTES DE FIBRA DE VIDRIO.....Pág. 45

TABLA 2. EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA FUERZA DE ADHESIÓN DE LAS SUPERFICIES DE LOS POSTES WHITE POST TRATADAS SIN SILANO EN DENTINA RADICULAR, A NIVEL CORONAL, MEDIO Y APICAL.....Pág. 46

GRÁFICO 2. EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA FUERZA DE ADHESIÓN DE LAS SUPERFICIES DE LOS POSTES WHITE POST TRATADAS SIN SILANO EN DENTINA RADICULAR, A NIVEL CORONAL, MEDIO Y APICALPág. 47

TABLA 3. EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA FUERZA DE ADHESIÓN DE LAS SUPERFICIES DE LOS POSTES WHITE POST CON APLICACIÓN DE SILANO, EN DENTINA RADICULAR, A NIVEL CORONAL, MEDIO Y APICALPág. 48

GRÁFICO 3. EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA FUERZA DE ADHESIÓN DE LAS SUPERFICIES DE LOS POSTES WHITE POST CON APLICACIÓN DE SILANO, EN DENTINA RADICULAR, A NIVEL CORONAL, MEDIO Y APICALPág.49

TABLA 4. COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA FUERZA DE ADHESIÓN DE LAS SUPERFICIES TRATADAS SIN SILANO FRENTE A LAS SUPERFICIES CON APLICACIÓN DE SILANO DE LOS POSTES DE FIBRA DE VIDRIO POR REGIONES **Pág. 50**

GRÁFICO 4. COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA FUERZA DE ADHESIÓN DE LAS SUPERFICIES TRATADAS SIN SILANO FRENTE A LAS SUPERFICIES CON APLICACIÓN DE SILANO DE LOS POSTES DE FIBRA DE VIDRIO POR REGIONES **Pág. 51**

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue comparar *in vitro* la fuerza de adhesión de postes de fibra de vidrio sometidos a tratamiento con y sin silano. El tipo de estudio fue experimental. Para la Obtención de las muestras se utilizó 14 piezas dentarias extraídas por causas periodontales u ortodónticas, dividiéndolas en 2 grupos de 7, 1 grupo control de poste de fibra sin aplicación de silano y 1 grupo con aplicación de silano.

Se cementaron los postes de fibra para cada grupo según las indicaciones del fabricante. Se realizaron los cortes, seccionando las raíces en 3 porciones horizontales de 2mm de grosor que representaron la porción coronal, media y apical del poste obteniéndose 3 especímenes por diente de 2mm de espesor. Un total de 42 especímenes fueron obtenidos, 21 del grupo I (control) y 21 del grupo II (con silano).

La realización de la prueba push out fue ejecutada por medio de una Máquina de Pruebas Universal. Para la comparación de los grupos se utilizó la prueba Kruskal-Wallis. El nivel de significancia con el que se trabajó en este estudio fue de $p < 0.05$.

Como resultado dio para los postes sin tratamiento de silano un promedio de Fuerza de Adhesión Media más alto (26.56 ± 10.61) MPa que los postes tratados con silano (21.77 ± 8.14) MPa.

Palabras claves: Silano, Postes de fibra de vidrio, Fuerza de adhesión.

ABSTRACT

The purpose of this investigation was to compare in vitro the adhesion strength of glass fiber posts subjected to treatment with and without silane. The type of study was experimental. To obtain the samples, 14 dental pieces extracted for periodontal or orthodontic reasons were used, dividing them into 2 groups of 7, 1 fiber post control group without silane application and 1 group with silane application. The fiber posts were cemented for each group according to the manufacturer's instructions. The cuts were made, dividing the roots in 3 horizontal sections of 2mm thickness that represented the coronal, middle and apical portion of the post, obtaining 3 specimens per tooth of 2mm thickness. A total of 42 specimens were obtained, 21 from group I (control) and 21 from group II (with silane). The realization of the push-out test was carried out by means of a Universal Testing Machine. For the comparison of the groups, the Kruskal-Wallis test was used. The level of significance with which we worked in this study was $p < 0.05$. As a result, it gave for posts without silane treatment an average higher Average Adhesion Strength (26.56 +10.61) MPa than posts treated with silane (21.77 +8.14) MPa.

Keywords: Silane, fiberglass poles, adhesion strength.

I. INTRODUCCIÓN

Los postes intrarradiculares se han utilizado para proporcionar un anclaje para las restauraciones dentales de más de 250 años.¹ En las últimas décadas, la creciente demanda de la estética ha llevado al desarrollo de sistemas de poste muñón libres de metal, en especial los postes de resina epoxi reforzados con fibra. Para asegurar un resultado estético exitoso, el sistema de poste y núcleo tiene que ser del color del diente, lo que refleja y transmite la luz de manera similar a un diente natural.^{2,3}

Los postes de fibra se han desarrollado para mejorar los efectos ópticos de restauraciones estéticas^{4,5} y son ampliamente utilizados para la restauración de dientes tratados endodónticamente con suficiente estructura dental coronal para la reconstrucción del muñón⁶. El uso de postes en los casos en los que la estructura de los dientes ha sido destruida por caries, traumatismos o procedimientos de endodoncia demasiado agresiva está ganando una amplia aceptación entre los Odontólogos⁷.

Junto con el aumento del uso de postes pre-fabricados, especialmente los postes de fibra, se ha observado un aumento también en el número de publicaciones sobre este tema, con diferentes protocolos de cementación, sistemas adhesivos, cementos y discusiones sobre sus indicaciones.⁸

Los postes prefabricados de fibra se componen de fibras de vidrio embebidas en una matriz de resina y también pueden contener partículas inorgánicas⁹. Las fibras están pretensadas, y, posteriormente, la resina se inyecta bajo presión para llenar los espacios

entre las fibras, dándoles la cohesión sólida. En la mayoría de los postes, la resina epoxi o sus derivados son el componente principal de la fase orgánica. Se ha sugerido que la resina epoxi puede adjuntar resina y materiales compuestos a base de metacrilato a través de los radicales libres comunes ⁴, lo que permitiría la cementación utilizando cementos de resina adhesiva ^{10,11}. Sin embargo, también se ha sugerido que la matriz de polímero de los postes es virtualmente no reactivo, debido a que la resina tiene un alto grado de conversión y es altamente reticulado ¹². En este caso, la cementación adhesiva de postes de fibra se basa en la unión del silano a las fibras de vidrio.

La silanización es la técnica más utilizada para lograr este objetivo. Los agentes de acoplamiento de silano son moléculas bifuncionales, con un extremo de la molécula capaz de reaccionar con la parte inorgánica de la fibra de vidrio y el otro con la resina orgánica ¹³.

El mecanismo de acción de los silanos se basa en la formación de enlaces entre sus grupos alcoxi funcionales y las fibras inorgánicas cubiertas por OH. La mejora de la humectabilidad de la superficie posterior es otro efecto de silanización. La matriz de polímero altamente reticulado de los postes de fibra de vidrio es virtualmente no reactivo ¹⁴; por lo tanto, sólo las fibras expuestas en la superficie del poste pueden proporcionar sitios para la unión química con las moléculas del silano. El agente de acoplamiento de silano usado más comúnmente para aplicaciones dentales es un pre-hidrolizado monofuncional γ -metacriloxipropiltrimetoxisilano diluido en una solución de etanol-agua. ⁴

El uso de silanos para mejorar la unión de agentes de cementación de resina a los postes de fibra de vidrio es, sin embargo, un tema controvertido ⁴. Algunos estudios informaron que la silanización no tiene un efecto significativo en la fuerza de adhesión de los cementos de resina en los postes de fibra de vidrio ^{4,15,16}, mientras que otros reportaron un efecto creciente sobre la fuerza de adhesión a través de la silanización ¹⁷.

Muchas investigaciones actualmente siguen demostrando tanto que la silanización puede aumentar o no el efecto a la resistencia de unión a nivel de la superficie de los

postes de fibra, sin embargo, se necesita ensayos controlados aleatorios para confirmar si el uso de silano influye en la resistencia de la unión de dichos postes.

Este estudio aporta al clínico las bases teóricas que sustenten si es o no necesario el uso del silano como agente de acople en la superficie de los espigos de fibra de vidrio antes de su cementación, de este modo ayuda a reducir costos y tiempos de trabajo. Por último, metodológicamente, este estudio ayuda a rediseñar el protocolo de cementación de los postes de fibra de vidrio.

Por lo tanto, el propósito de esta investigación fue comparar *in vitro* la fuerza de adhesión de postes de fibra de vidrio sometidos a tratamiento con y sin silano.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la fuerza de adhesión de los postes de fibra de vidrio con tratamiento de silano?

1.2 HIPÓTESIS

La aplicación de silano tiene similar efecto sobre la adhesión de los postes de fibra entre los grupos control y experimental.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo General:

- Comparar *In Vitro* la fuerza de adhesión de las superficies tratadas con silano frente a las superficies sin aplicación de silano en la cementación de postes de fibra de vidrio.

Objetivos Específicos:

- Evaluar *in vitro* la fuerza de adhesión de las superficies de los postes WhitePost tratadas sin silano en dentina radicular, a nivel coronal, medio y apical.

- Evaluar *In Vitro* la fuerza de adhesión de las superficies de los postes WhitePost con aplicación de silano, en dentina radicular, a nivel coronal, medio y apical.
- Comparar *In Vitro* la fuerza de adhesión de las superficies tratadas con silano frente a las superficies sin aplicación de silano de los postes de fibra de vidrio por regiones.

II. MARCO TEÓRICO:

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Cecchin D, et al, en el 2016, estudiaron el grabado ácido y recubrimiento de la superficie de los postes de fibra de vidrio: Resistencia a la adherencia y Análisis de Interfaz. El objetivo de este estudio fue evaluar la fuerza de adhesión de una resina compuesta al poste de fibra de vidrio (GFP) tratado o no con ácido fosfórico, agente de acoplamiento de silano y resina sin relleno. GFPs fueron grabadas o no con ácido fosfórico 37% y se les aplicaron diferentes tratamientos de superficie: agente de acoplamiento de silano, resina sin relleno, o ambos. Los bloques de resina compuesta fueron construidos alrededor de una altura de 4 mm en los postes de fibra de vidrio. La resina sin relleno (20 s) y resina compuesta (40 s) fueron activadas por la luz por una unidad de diodos emisores de luz. Las muestras se almacenaron en agua destilada a 37 ° C durante 24 h. La prueba de adhesión a la microtracción se realizó utilizando una máquina de ensayo mecánico hasta el fallo. 3 especímenes adicionales se hicieron para analizar las interfaces unidas por microscopía electrónica de barrido. Los resultados demostraron que la resistencia de la unión más alta se encontró en el grupo de silano y la resina sin relleno. Concluyeron que la aplicación de silano y de resina sin relleno puede mejorar la resistencia de la unión entre GFP y resina compuesta.²⁴

Pyun J, et al, en el 2016, estudiaron el efecto de pretratamiento del peróxido de hidrógeno y la activación por calor del silano sobre la resistencia al cizallamiento de los postes de compuestos reforzados con fibras a la resina de cemento. El propósito de

este estudio fue evaluar los efectos del tratamiento previo con peróxido de hidrógeno y la activación por calor del silano sobre la resistencia al cizallamiento de los postes de compuestos reforzados con fibras con el cemento de resina. Las muestras se prepararon para evaluar la resistencia de la unión de postes de fibra a base de resina epoxi (D. T. light-post) para el cemento de resina de doble curado (RelyX U200). Las muestras se dividieron en cuatro grupos de acuerdo con diferentes tratamientos de superficie: grupo 1, sin tratamiento; grupo 2, silanización; grupo 3, silanización después del grabado peróxido de hidrógeno; grupo 4, silanización con el secado caliente a 80 ° C después del grabado de peróxido de hidrógeno. Después de un almacenamiento de las muestras en agua destilada a 37 ° C durante 24 horas, la resistencia al cizallamiento (en MPa) entre el poste y el cemento de resina de fibra se midió usando una máquina universal de ensayos. La superficie fracturada del perno de fibra se examinó mediante microscopía electrónica de barrido. Como resultados se obtuvieron que la Silanización del poste de fibra (Grupo 2) aumentó significativamente la resistencia de la unión en comparación con el control no tratado (Grupo 1). El secado térmico después de silanización también aumentó significativamente la resistencia de la unión (Grupo 4). Sin embargo, se determinó ningún efecto para el grabado de peróxido de hidrógeno antes de aplicar agente de silano. Concluyen que la silanización de los postes de fibra con tratamiento térmico posterior (80 ° C) con el ventilador de aire caliente puede ser beneficioso en la cementación clínica del poste. Sin embargo, el peróxido hidrógeno de grabado antes de la silanización no fue eficaz en este estudio.²⁵

Belwalkar, et al, en el 2016, realizaron una comparación del efecto de resistencia al cizallamiento con silano y otros tres pre tratamientos químicos de superficie de un poste reforzado con fibra de vidrio sobre la adhesión con un agente de cementación a base de resina. Debido a que la pérdida de retención ha sido citada como la causa más común de la insuficiencia retención del poste-restauración con consecuencias irreversibles cuando los materiales con diferentes composiciones están en contacto íntimo en la interfaz del poste / adhesivo. Con estos antecedentes, se realizó un estudio para mejorar la adherencia en la fase de resina con los postes de fibra utilizando silano y otros pretratamientos químicos. Cien postes reforzados con fibras de vidrio se

ensayaron con 4 protocolos diferentes usando silano como control (Grupo A) y otros tres grupos experimentales, es decir, Grupo B- 20% de permanganato de potasio, Grupo C- ácido fluorhídrico 4%, y Group D - peróxido de hidrógeno 10% fueron pretratados en la superficie del poste seguido de silanización. Estos especímenes fueron unidos con el agente de cementación a base de resina de doble polimerización, que luego se carga a la velocidad de la cruceta de 1 mm / min para registrar la resistencia al cizallamiento en la interfase del poste / adhesivo. Como resultado el Grupo B mostró una mayor influencia en la resistencia al cizallamiento cuando se compara con otros protocolos. La investigación concluyó que la silanización sola como un tratamiento de superficie no mejoró la resistencia de la unión. La combinación de pretratamientos químicos de la superficie seguido de silanización aumentó significativamente la resistencia de la unión en la interfase del poste / adhesivo.²⁶

Moraes A, et al, en el 2015, en una revisión sistemática y meta-análisis de los estudios *in vitro*, quieren saber si la Silanización puede aumentar la retención de postes de fibra de vidrio. Esta revisión sistemática se basa en las directrices del Manual Cochrane para Revisiones Sistemáticas de Intervenciones y siguió el diagrama de flujo de cuatro fases en base a los artículos de Información preferidos para revisiones sistemáticas y meta-análisis (PRISMA) comunicado. Dos bases de datos electrónicas (PubMed y Scopus) Se realizaron búsquedas para identificar los manuscritos que podrían cumplir los siguientes criterios de inclusión: estudios *in vitro* que evaluaron la (fuerza de unión) de retención de los postes reforzados con fibra cementados en los conductos radiculares (dientes humanos o de los bóvidos) o en dispositivos artificiales que utilizan los agentes de acoplamiento de silano para el pretratamiento del puesto. El análisis de la literatura *in vitro* indica que la silanización mejora la retención de los postes reforzados con fibra cementados en los conductos radiculares siempre que los pretratamientos de superficies selectivos se apliquen al poste antes de la silanización.²⁷

Saker S, El-Kholany N, El-Wassefy N, en el 2015, estudiaron el efecto de diversos tratamientos superficiales en la Resistencia de la unión en los postes de fibra de vidrio con el núcleo de resina compuesta. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de los tratamientos previos de la superficie del poste reforzada con fibra en la

resistencia de unión con la resina compuesta como núcleo. Postes prefabricados de fibra de vidrio de diámetro 1.4 mm (Parapost) se dividieron en cuatro grupos; Grupo C: sin tratamiento previo, Grupo A: Micro arenado con partículas de 110 micras de óxido de aluminio, PH Grupo: inmersión con ácido fosfórico, y el grupo H: inmersión en peróxido hidrógeno. A continuación, cada grupo se subdividió en dos subgrupos; Subgrupo A: agente de acoplamiento de silano (EspeSil, 3M Espe) y Subgrupo B: sistema adhesivo ONESTEP (F Excite DSC, Ivoclar Vivadent) aplicado a las superficies tratadas de los postes. Un material de núcleo de doble curado de resina compuesta fluida (Multicore de flujo, Ivoclar Vivadent) se aplicó a cada grupo para probar la adherencia usando una rebanada delgada en una prueba de empuje (Push out test).

Al comparar la fuerza de unión (MPa) los valores dependientes del tipo de unión usado (silano vs. unión), el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticamente significativas.

Este estudio concluye que la aplicación del peróxido de hidrógeno antes de la silanización aumenta la resistencia de la unión del núcleo compuesto de resina de los postes de fibra. La silanización de la superficie del poste podría dar lugar a una ligera mejora de la resistencia de la unión del núcleo compuesto de resina de postes de fibra.²⁸

Liu Ch, et al, en el 2014, estudiaron la influencia de 4 cementos de resina de polimerización dual y la selección del tratamiento superficial para la fuerza de unión de postes de fibra. El objetivo era evaluar la influencia de los pretratamientos de la superficie de los postes sobre la resistencia de la unión de cuatro cementos diferentes a los postes de fibra de vidrio. Ochenta incisivos centrales y caninos superiores humanos extraídos fueron tratados con endodoncia y se prepararon espacios estandarizados para postes. Cuatro pre-tratamientos de postes fueron probados: (i) sin pre-tratamiento (NS, control), (ii) con chorro de arena (SA), (iii) silanización (SI) y (iv) chorro de arena seguido de silanización (SS). Por el pretratamiento, se utilizaron cuatro cementos de resina dual cure a los puestos de cementación: DMG LuxaCore Smartmix dual, Multilink Automix, RelyX Unicem y Panavia F2.0. Todas las muestras se sometieron a micro prueba de expulsión.

Los resultados demostraron que la silanización de la superficie del poste no tiene efecto significativo sobre la resistencia de la unión en la interfase entre el poste y el cemento de resina.²⁹

Anastacio M, et al, en el 2013, estudiaron la Resistencia a la tracción de la fibra en postes de fibra de vidrio sometidos a diferentes tratamientos superficiales. El objetivo de este estudio *in vitro* fue evaluar la resistencia a la tracción de los postes de fibra de vidrio sometidos a distintos tratamientos de superficie. Cuarenta y ocho caninos superiores habían sido seccionados sus coronas y los conductos radiculares tratados endodónticamente. Las raíces fueron incorporadas en resina acrílica y distribuidos en 3 grupos de acuerdo con el tratamiento de la superficie: Grupo I: los postes fueron tratados con el agente de silano durante 30 s y adhesivo; Grupo II: los postes se limpiaron con alcohol antes del tratamiento con el agente de silano y el adhesivo; Grupo III: los postes fueron sometidos a un acondicionamiento con ácido fosfórico al 37% durante 30 s antes del tratamiento con el agente de silano y el adhesivo. Cada grupo se dividió en 2 subgrupos para la polimerización adhesiva o no antes de la inserción en el canal: A - adhesivo no fue fotocurado y B - adhesivo fue fotocurado. Todos los postes se cementaron con Panavia F y las muestras se sometieron a ensayo de resistencia a tracción en una máquina universal de ensayo a una velocidad de cruceta de 1 mm / min.

Los resultados demostraron que no hubo diferencias significativas entre los grupos.³⁰

Mosharraf R, Ranjbarian P, en el 2013, proponen que el acondicionamiento de la superficie del poste es necesario para exponer las fibras de vidrio y permitir la unión entre el poste de fibra de vidrio y el cemento de resina. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de diferentes acondicionamientos de la superficie sobre la resistencia a la tracción (TBS) de un poste reforzado con fibra de vidrio para el cemento de resina. En este estudio *in vitro*, 40 incisivos centrales extraídos con único canal fueron tratados con endodoncia y se prepararon espacios para los postes. Los dientes se dividieron en cuatro grupos de acuerdo con los métodos de tratamiento de la superficie posterior: 1) silanización después del grabado con 20% de H₂O₂, 2) silanización después de la abrasión con chorro de partículas, 3) silanización, y 4) No acondicionado (Control).

Se utilizó cemento de resina adhesiva (Panavia F 2.0) para la cementación de los postes de fibra a la dentina del conducto radicular. Tres rodajas de 3 mm de espesor se obtuvieron de cada raíz. Una máquina de ensayo universal se utilizó con una velocidad de cruceta de 1 mm / minuto para llevar a cabo las pruebas de expulsión.

En los resultados hubo diferencias significativas entre los valores medios de resistencia adhesiva a la tracción de los diferentes tratamientos de superficie y regiones del conducto radicular. La aplicación de peróxido de hidrógeno antes de silanización aumenta la resistencia de la unión del cemento de resina a los postes de fibra.³¹

Kim H, et al, en el 2013, estudiaron el efecto de la activación de silano sobre resistencia al cizallamiento en postes de resina reforzado con fibras con el cemento de resina. El propósito de este estudio, debido a resultados contradictorios referente a la silanización, fue analizar los efectos de la activación por calor después de la silanización, en la resistencia de la unión entre el poste de resina reforzado con fibras y el cemento de resina. Seis grupos fueron establecidos para evaluar dos tipos de postes de fibra (FRC Postec Plus, D. T. poste ligero) y tres tratamientos de superficie (sin tratamiento; de secado al aire, secado a 38 °C). Cada espécimen se unió con el cemento de resina de doble curado (Variolink N) y se almacenaron en agua destilada durante 24 horas a 37 °C. La resistencia a la cizalladura (MPa) entre el poste de la fibra y el cemento de resina se midió usando un dispositivo de ensayo universal.

El estudio dio como resultado que la Silanización aumenta la resistencia de unión. El secado con calor al agente de acoplamiento de silano en el poste de fibra no mejoró significativamente la resistencia de la unión en comparación con el secado al aire de la jeringa.³²

Elsaka Sh, en el 2013, estudió la influencia de los tratamientos superficiales químicos sobre la adhesión de postes de fibra con el núcleo de resina compuesta. El objetivo de este estudio era evaluar el efecto de diferentes tratamientos de superficie químico sobre la adhesión del núcleo de resina con los postes de fibra de vidrio de resina a base de metacrilato. Se usaron dos tipos de postes de fibra de vidrio (Reblida Post, VOCO y RelyX post, 3M ESPE) fueron divididos en ocho grupos de acuerdo con el tratamiento superficial utilizado; Gr 1 (control, sin tratamiento de superficie), Gr 2 (silanización

durante 60 s), Gr 3 (10% de H₂O₂ para 5 min), Gr 4 (10% de H₂O₂ durante 10 min), Gr 5 (30% de H₂O₂ durante 5 min), Gr 6 (30% de H₂O₂ durante 10 min), Gr 7 (CH₂Cl₂ durante 5 min) y Gr 8 (CH₂Cl₂ durante 10 min). Dos materiales de núcleo de resina (Grandio DC; VOCO y Filtek P60; 3M ESPE) se aplicaron a cada grupo para el ensayo de la adhesión utilizando la Prueba Micropush-out. Lo tipos de fallo se examinaron con microscopio estereoscópico y la superficie de la morfología de los postes se analizó después del tratamiento utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM). Los resultados fueron que el tipo de poste, tratamiento de superficie, y material de núcleo mostraron un efecto significativo sobre la resistencia de la unión. Grupos tratados con soluciones de H₂O₂ 30% CH₂Cl₂ o durante 5 o 10 minutos mostraron los más altos valores de adhesión para ambos tipos de postes con los materiales del núcleo probados.

En este estudio, se utilizó un agente de acoplamiento de silano que contiene 3-metacriloxipropiltrimetoxisilano; Sin embargo, su aplicación no mejoró significativamente la resistencia de la unión de la interfase. La ineficacia de la silanización puede atribuirse a una interacción química relativamente débil entre el monómero funcional del silano y los postes que tienen poco o nada de vidrio expuesto silanizable.³³

Amaral M, et al, en el 2013, estudiaron la influencia de los Protocolos de acondicionamiento de las superficies de los postes de fibra de vidrio en el rendimiento de adherencia después de envejecimiento y resistencia a la flexión. El objetivo fue evaluar el efecto del acondicionamiento de la superficie de los postes de fibra en la resistencia a la flexión del poste y en la adhesión entre la dentina y el cemento radicular y entre el poste de la fibra y el núcleo de resina. Los postes de fibra fueron sometidos a limpieza con alcohol (AL), los grupos fueron: tratamiento con AL + silano (SIL), chorro de arena con partículas de Al₂O₃ + Sil, grabado H₂O₂ + SIL, grabado con ácido fluorhídrico + SIL, SIL, y grabado con H₃PO₄ + SIL. Para la comparación, otro grupo de muestras se dejó (grupo de control) no condicionado. Los postes de fibra acondicionados se cementaron a las raíces bovinas, y se fabricaron núcleos cilíndricos de resina estandarizados. Las muestras se sometieron a 106 impulsos mecánicos y luego se seccionaron perpendicular al eje largo de la raíz. Las pruebas de expulsión se

llevaron a cabo en las raíces seccionadas en rodajas, y la prueba de microtensión se aplicó a las secciones de núcleo recortados en rodajas. Los postes también se sometieron a ensayos de flexión de tres puntos. Como resultado se dio que la superficie acondicionada no tiene ningún efecto significativo sobre la fuerza de expulsión. Sin embargo, la silanización aumenta la resistencia de microtensión en el núcleo de resina. El chorro de arena redujo significativamente la resistencia a la flexión en comparación con otros tratamientos de superficie. El estudio indicó que la superficie posterior al acondicionado no mejoró la retención del poste en el canal de la raíz, aunque la silanización mejoró la adherencia al núcleo de resina. Y el chorro de arena con partículas de alúmina de 125 um debe ser evitado.³⁴

Leme A, et al, en el 2013, estudiaron el efecto de la aplicación de silano en la cementación Postes de Fibra de Vidrio usando cemento resinoso auto-adhesivo. El objetivo era evaluar los efectos de diferentes tratamientos de la superficie en los postes de fibra de vidrio sobre la fuerza de adhesión a la dentina radicular. Cincuenta incisivos bovinos se utilizaron en este estudio. Después de retirar las coronas, los dientes fueron tratados con endodoncia. Las raíces se dividieron aleatoriamente en cinco grupos de acuerdo con tratamiento de superficie posterior.

Los grupos fueron los siguientes: CO (Control) - sin tratamiento; G1 - RelyX Ceramic Primer (silano) solamente; G2 - silano y Solobond M; G3 - silano y Scotchbond adhesiva; G4 - silano y Excite. Para la cementación del poste, se utilizó RelyX Unicem según las recomendaciones del fabricante y las raíces se almacenaron en un recipiente a prueba de luz con un 100% de humedad relativa durante 24 h. Las muestras se seccionaron transversalmente. Posteriormente, las regiones cervical, medio y apical de la raíz se colocaron en un dispositivo de empuje y probados a 0,5 mm / min usando una máquina de ensayo universal (Instron). El resultado reveló que no hay diferencia significativa en la fuerza de unión entre los grupos que recibieron silano o silano más adhesivo. Sin embargo, el grupo control mostró la fuerza de unión más baja. El estudio concluye que la aplicación de silano puede ser necesario para mejorar la adherencia de los postes de fibra cementadas con el cemento de resina auto-adhesivo. La aplicación de una capa de adhesivo entre el poste de fibra y cemento de resina no tiene ninguna

influencia en la resistencia de la unión cuando se utilizó anteriormente el acoplamiento de silano.³⁵

Tian Yu, et al, en el 2012, analizaron el fallo de los postes de fibra después de la cementación con diferentes adhesivos con o sin silanización estudiados mediante Prueba Pull-out y Microscopía Electrónica de Barrido. El objetivo del estudio era probar las fuerzas de retención de diferentes sistemas adhesivos después de la cementación de postes de fibra de vidrio con o sin previa silanización del poste mediante el uso de la prueba Pull-out y observación al microscopio electrónico de barrido (SEM) para detectar el modo de la falla. Cincuenta y seis raíces fueron divididas aleatoriamente en 6 grupos experimentales y 2 de control: ParaCore (PAR), ParaCore + silano (PAR-SIL), RelyX Unicem (VX), RelyX Unicem + silano (VX-SIL), RelyX ARC (RXA) RelyX ARC + silano (RXA-SIL), control negativo (NEG-CON), y el control positivo (POS-CON). Los resultados indicaron que la silanización de postes de fibra no hace una diferencia para evitar la dislocación de un poste. Los sistemas de grabado completo demostraron fuerzas de retención significativamente más altos que los sistemas de autograbado.³⁶

Mosharraf R, Yazdi N, en el 2012, realizaron una evaluación comparativa de los efectos de los diferentes métodos de tratamiento de superficies en la fuerza de unión entre el poste de fibra y núcleo de composite. Debido que la desunión se presenta en la interfaz núcleo de resina y poste, el objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de diferentes métodos de tratamiento de superficie en la fuerza de unión entre los postes de fibra y el núcleo de resina compuesto. Sesenta y cuatro postes de fibra fueron recogidos en dos grupos (Hetco y Xacto). Cada grupo se dividió en cuatro subgrupos utilizando diferentes tratamientos superficiales: 1) silanización; 2) de chorro de arena; 3) El tratamiento con 24% de H₂O₂, y 4) sin tratamiento (grupo control). Una matriz de plexiglás cilíndrica se coloca alrededor del poste y se llena con el material compuesto de resina compuesta. Las muestras se almacenaron en 5000 ciclos térmicos entre 5 °C y 55 °C. La prueba de resistencia de unión a la tracción (TBS) y la evaluación mediante microscopio estereoscópico se realizaron en la muestra y se analizaron los datos mediante ANOVA de dos vías, las pruebas post hoc de Scheffe y

la prueba exacta de Fisher ($\alpha = .05$). Los resultados concluyen que no había ninguna diferencia significativa entre las dos marcas de postes de fibra que se habían utilizado en este estudio. Aunque la silanización y el chorro de arena pueden mejorar la resistencia de unión, no había diferencias significativas entre los tratamientos superficiales utilizados.³⁷

Kasraei Sh, et al, en el 2008, estudiaron el efecto del solvente del silano en la resistencia a la microtracción en postes de fibra de vidrio tratados con peróxido de hidrógeno y núcleos de resina. El objetivo de este estudio *in vitro* era evaluar el efecto del tipo de disolvente en la solución de silano en la fuerza de unión ante la microtensión de postes de fibra de vidrio en núcleos de resina compuesta después de la aplicación de peróxido de hidrógeno 24%. Dieciocho postes de fibra, inmersos en peróxido de hidrógeno al 24% se dividieron en tres grupos. En el grupo A las superficies de los postes fueron silanizados con una solución basada en etanol, en el grupo B con una solución a base de acetona, en el grupo C con silano libre de solvente (metacriloxitrimetoxisilano) (como grupo control). Los núcleos se construyen utilizando composite fluido. Se realizaron pruebas de resistencia de unión a la microtracción y se evaluaron usando microscopio estereoscópico sobre las muestras y se analizaron los datos mediante ANOVA de una vía y de Tukey HSD pruebas. El estudio observó una diferencia significativa entre las cantidades de fuerza de unión microtensil de postes de fibra de núcleos compuestos en los grupos A y B con los que están en el grupo C. Y no hubo tal diferencia entre los grupos A y B. Concluyendo que el tipo de disolvente en la solución de silano no tiene efecto sobre la fuerza de unión a la microtensión entre el poste de fibra y el núcleo de resina de material compuesto después de la aplicación de 24% de peróxido de hidrógeno.³⁸

Bitter K, et al, en el año 2007, estudiaron el efecto de la silanización en la fuerza de adhesión de postes de fibra a diversos cementos de resina. El objetivo del estudio era investigar los efectos del tratamiento previo (silanización) sobre la fuerza de adhesión entre 3 diferentes tipos de postes de fibra y 4 cementos de resina, respectivamente.

Tres tipos diferentes de puestos de postes de fibra (n = 480) fueron seleccionados para la presente investigación: postes prefabricados de fibra de cuarzo (Unicore Posts Tamaño 3, Ultradent), postes de fibra de vidrio prefabricados (FRC Postec Tamaño 3), y postes de fibra de vidrio con una matriz de IPN (estructura de red de polímero interpenetrante patentado) (IPN Post Ever Stick, Stick Tech) se insertaron en discos de material compuesto de resina (de 2 mm de espesor) utilizando los siguientes cementos de resina y soluciones de silano: Panavia F / Porcelana Bond activador (Kuraray), PermaFlo DC / silano (Ultradent), Variolink II / Monobond S (Ivoclar Vivadent) y RelyX Unicem / Espe Sil (3M ESPE). Postes no silanizados sirvieron como controles. Resultó que la resistencia de unión se vio afectada significativamente por el cemento de resina, el tratamiento previo y el tipo de poste, pero no por los ciclos térmicos. El poste IPN demostró la fuerza de adhesión significativamente mayor en comparación con los otros postes. La silanización aumentó significativamente la fuerza de adhesión en comparación con el grupo control. Este estudio concluye que la influencia significativa en la fuerza de adhesión se va a dar por el tipo de poste en vez de la silanización.³⁹

Monticelli F, et al, en el año 2006, estudiaron el efecto de la temperatura sobre el silano cuando une la resina sobre el poste de fibra de cuarzo. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes agentes de silano y temperaturas de secado con aire en la resistencia de la unión de postes de fibra de cuarzo translúcido para con la resina compuesta. Se utilizaron 30 postes de fibras unidireccionales pre-tensadas de cuarzo (60%) unidos en una matriz de resina epoxi (40%), que fueron grabadas en su superficie por peróxido de hidrógeno al 10% durante 20 min. Se usaron tres marcas de silano, el 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane (3-MPS) (Monobond-S, Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein); un agente de acoplamiento de silano de dos componentes que contiene 4-methacryloxyethyl trimelitato de anhídrido (4-META) y metacrilato de propilo trimethoxysilyl (MPTS) (Porcelain Liner M, Sun Medical Co. Ltd., Japón.); un agente de acoplamiento de silano pre-hidrolizado que contiene glycid-oxi-propil-trimetil-oxi-silano (GPS) (Porcelana de silano, BJM Lab, O-Yenuda, Israel). Se aplicaron dos diferentes temperaturas de secado posterior a la silanización (21 y 38 °C). Se seleccionó una resina compuesta

de curado dual (Core Paste XP) a la elaboración del núcleo alrededor de los postes, la obtención de muestras cilíndricas fueron cortadas en serie, en vigas y posteriormente cargados en tensión a una velocidad de 1 mm / min hasta el fallo.

El estudio concluye que la composición del agente de acoplamiento de silano en términos de pH, la cantidad de disolvente o grado de hidrólisis puede influir en una fuerza de unión de resina / poste cuando se seca a 21 °C. El secado a 38 °C facilita la evaporación de los disolventes presentes en el agente de silano, resultando en una mayor resistencia de la unión de la resina compuesta para el poste de fibra.⁴⁰

Perdigao J, Gomes G, Lee I, en el año 2006, estudiaron el efecto del Silano sobre la resistencia de unión en postes de fibra. El propósito de este estudio fue evaluar el efecto de silano sobre la resistencia de la unión de tres postes de resina reforzada con fibra. Se seleccionaron Cincuenta y cuatro incisivos centrales y caninos maxilares humanos extraídos y fueron tratados con endodoncia. Se trabajaron con tres marcas de postes de fibra: D. T. Light Post (DT, Bisco), FRC Postec (FR, Ivoclar Vivadent), y ParaPost Fiber White (PP, Coltène / Whaledent) que se insertaron usando el sistema adhesivo de resina proporcionado por el fabricante respectivo. Para la mitad de las muestras en cada grupo, los postes de fibra se trataron con una solución de silano (Monobond S, Ivoclar Vivadent). Se lleva a cabo un ensayo de empuje en tres secciones diferentes de cada raíz para medir la fuerza de adhesión. El estudio da como resultado que el uso del silano no incrementa la fuerza de adhesión en los tipos de poste estudiados.⁴

Goracci C, et al, en el 2005, estudiaron la resistencia de unión a la microtensión entre los postes de composite reforzados con fibra de vidrio y núcleos de resina compuesta. El objetivo del estudio era medir la adherencia entre dos tipos de postes translúcidos FRC prefabricados (FRC Postec, Ivoclar-Vivadent, FRC; Light-Post, RTD, LP), y dos tipos de resinas fluidas utilizadas como materias básicas (UnifilFlow, GC, UF; Tetric Flow, Ivoclar-Vivadent, TF), con o sin la aplicación de un silano (Monobond-S, Ivoclar-Vivadent, S) en la superficie posterior. Se seleccionaron de treinta a treinta y cinco especímenes por grupo en forma de viga que fueron obtenidos a partir de cilindros del material para núcleo, que había sido construido alrededor del poste

añadiendo progresivamente pequeños incrementos de resina compuesta. Cada muestra se cargó en tensión hasta el fallo, ya sea en una de las dos interfaces poste núcleo presentes en cada barra. El resultado del estudio fue que con la aplicación del silano sobre la superficie del poste antes de la construcción del núcleo aumentó significativamente la fuerza de adhesión poste-núcleo.⁴¹

2.2 BASE TEÓRICA

PERNOS REFORZADOS CON FIBRA

Los pernos de fibra representan la última solución propuesta para la reconstrucción del diente endodonciado. Estos han propuesto un nuevo concepto o sistema restaurador: los diferentes componentes de la reconstrucción (perno, cemento, material de reconstrucción y dentina) constituyen un complejo estructural y mecánicamente homogéneo.⁴² Las cargas funcionales sobre la prótesis son absorbidas de igual forma que sobre un diente íntegro.⁴³

El desarrollo de los pernos de fibra se debe principalmente a Duret, que introdujo en 1988 los pernos de resina reforzados con fibra de carbono y propuso una técnica innovadora.^{44,45}

El comportamiento mecánico de los pernos de fibra se define como anisótropo, en cuanto que demuestran diferentes propiedades físicas cuando son sometidos a cargas de direcciones distintas. Precisamente gracias a esta característica, el módulo de elasticidad de los pernos tiene un valor variable en relación con la dirección de las cargas. El módulo de elasticidad medido a lo largo del eje de las fibras es de 90 GPa; con una incidencia de 30° con el eje longitudinal de las fibras, el módulo de elasticidad resulta de 34 GPa, y por último, cuando las cargas son perpendiculares a las fibras, el módulo de elasticidad es de 8GPa. Dichas situaciones de carga se asemejan, respectivamente, a las situaciones de máxima intercuspidadación, u oclusión habitual o

céntrica, a las cargas diagonales que se dan en los primeros contactos oclusales para la trituración de los alimentos y a las cargas casi horizontales que se generan por los contactos accidentales o parafuncionales.⁴⁵

En las situaciones más peligrosas y menos controlables para el diente endodonciado y reconstruido, es decir, en las cargas con orientación oblicua, los valores registrados son prácticamente idénticos a los de la dentina de un diente íntegro. De hecho, la dentina presenta un módulo de elasticidad de 18 GPa para cargas con orientación de 30° y de 8GPa para cargas con orientación de 90° respecto al eje longitudinal del diente.⁴³

Macro y Micro estructura de los pernos de fibra

Los pernos están formados por una matriz de resina que contiene diferentes tipos de fibras de refuerzo. La microestructura de los pernos individuales de fibra se basa en el diámetro de las fibras individuales, en su densidad, en la calidad de la adhesión entre las fibras y la matriz de resina y en la calidad de la superficie externa del perno. Dichos parámetros se controlan mediante microscopía electrónica de barrido (MEB), que permite la evaluación cualitativa y cuantitativa de los pernos según la observación de la matriz de resina, de la densidad y la distribución de las fibras y de la calidad de su unión.⁴³

Los postes de fibra actuales se componen de fibras de refuerzo unidireccionales de cuarzo o de vidrio embebidas en la que se sumergen en una matriz de resina. Las fibras son pretensadas y, posteriormente, la resina, tal como una carga, se inyecta a presión para llenar los espacios entre las fibras, dándoles la cohesión sólida.⁴

Matriz de los pernos de Fibra

En la mayoría de los postes, la matriz de resina está hecha de resina epoxi o sus derivados. La resina epoxi puede unir a la resina BIS-GMA través de los radicales libres comunes en la resina epoxi.⁴

En la mayoría de los postes, resina epoxi o sus derivados son el componente principal de la fase orgánica. Se ha sugerido que la resina epoxi puede adjuntar resina y materiales compuestos a base de metacrilato a través de los radicales libres comunes⁴, lo que permitiría la cementación utilizando cementos de resina adhesiva^{10,11}. Sin embargo, también se ha sugerido que la matriz de polímero de los postes es virtualmente no reactivo, debido a que la resina tiene un alto grado de conversión y es altamente reticulado¹².

Fibras de los Pernos

Las fibras sintéticas probadas en este ámbito incluyen: fibras de vidrio, fibras aramídicas, fibras de polietileno de módulo elevado y fibras de carbono.⁴³

Las fibras de vidrio, en sus diferentes formas, han representado el sistema más común de refuerzo de las matrices poliméricas. Las fibras comunes son de sílice (cerca del 50-60% SiO₂) y contienen otros óxidos (calcio, boro, sodio, aluminio, hierro, etc.). Las fibras de vidrio pueden resultar más afectadas por el debilitamiento hidrolítico en un ambiente húmedo y su resistencia y tenacidad son inferiores.⁴⁶

Las fibras con su elevado módulo elástico, se oponen con eficacia a las fuerzas que podrían deformar la resina de la matriz. Son excelentes las fibras de cuarzo, de carbono y de boro, que presentan una elevada resistencia a la tensión y un adecuado módulo elástico. Estas fibras no se deforman antes de romperse, es decir, se rompen por fractura frágil. Las fibras de vidrio son menos resistentes y su módulo es menor.⁴⁷

Unión de las fibras con la matriz

En la estructura del perno reforzado con fibra, la investigación y la producción industrial han prestado una particular atención al tipo de unión que se forma entre la matriz y la superficie de las fibras. En algunos casos, éstas presentan una superficie rugosa o son tratadas con un agente de unión, de composición desconocida, para favorecer la adhesión entre los dos componentes. Sin embargo, la resistencia de la unión no es elevada y resulta suficiente para impedir el deshilachado de los pernos, por separación de las fibras de la matriz, durante las cargas funcionales y parafuncionales.⁴³

Los postes de fibra de vidrio están formados por una matriz de resina epóxica que durante la fabricación se inyecta entre las fibras de reforzamiento y un agente de acoplamiento silano que se usa para mantener la adhesión entre las fibras y la matriz resinosa.⁴⁸⁻⁵¹ La adición de silano durante el proceso de filtración da más estabilidad al sistema y es el factor dominante para el éxito de la fabricación, además el silano aumenta el módulo de elasticidad, la resistencia a la compresión y la de tracción en comparación con las fibras no tratadas.⁵²

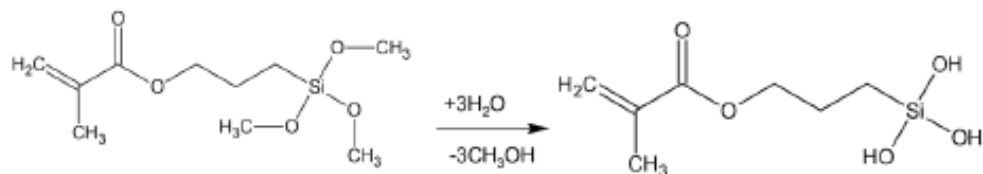
Los estudios clínicos retrospectivos⁵³⁻⁵⁵ y prospectivos^{56,57} han dado testimonio de la correcta ejecución general de los dientes tratados endodónticamente restaurados con sistemas de fibra de poste-muñón. Una observación clínica importante es que la fractura de los postes rígidos puede resultar en la pérdida de dientes, porque es casi imposible de quitar su parte apical fija⁵⁸. Los pernos de fibra son más fáciles de quitar sin el riesgo de perforación de la raíz, ya que pueden ser quemados⁵⁹, debido a que éstos son destruidos mediante fresas montadas en micromotores a baja velocidad; esto es posible por la separación de las fibras de la matriz⁴³.

AGENTE DE ACOPLAMIENTO DE SILANO

Un agente de acoplamiento es un compuesto híbrido, orgánico- inorgánico, que actúa como material intermedio, y que es capaz de formar un enlace químico estable entre los grupos reactivos (grupos OH) y la superficie de la muestra que se va a estudiar. Estos agentes se clasifican en organometálicos, ortosilicatos, ortoésteres, titanatos y silanos.⁶⁰

Los agentes de acoplamiento de silano tienen la fórmula general R-Y-SiX₃, donde R es un grupo organofuncional, Y una parte de enlace, y X son grupos alcoxi hidrolizables.⁶¹ El grupo organofuncional con un doble enlace carbono-carbono se polimeriza con monómeros de un compuesto de resina. Los grupos alcoxi hidrolizados en, por ejemplo, 3-metacrililoiloxipropiltrimetoxisilano se tornan grupos silanol reactivos, ≡Si-OH durante la reacción de hidrólisis a pH 4-5, como se muestra en la Figura 1.^{61,62}

Figura 1. Reacciones de silano durante la activación: Un silano hidrófobo (en este caso, 3-metacrililoxipropiltrimetoxisilano) con sus grupos metoxi se convierte a un promotor de adhesión hidrófila con los silanoles característicos.



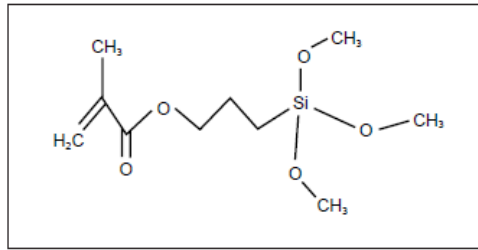
Fuente: Matinlinna J, Lassila L, Vallittu P. Evaluation of five dental silanes on bonding a luting cement onto silica-coated titanium. JJOD. 2006. ¹¹⁷

Los silanos tienen bajo peso molecular y son altamente volátiles; pueden ser Monofuncionales, hay un átomo de Si con 3 grupos alcoxy en la molécula. Bifuncionales, si hay dos átomos de Si, cada uno con tres grupos alcoxy en la molécula. Trifuncionales, hay 3 átomos de Si, cada uno con 3 grupos alcoxy en la molécula. ^{63,64}

El mecanismo de acción de los silanos se basa en la formación de enlaces entre sus grupos alcoxi funcionales y las fibras inorgánicas cubiertas por OH. La mejora de la humectabilidad de la superficie del poste es otro efecto de silanización. La matriz de polímero altamente reticulado de los postes de fibra es virtualmente no reactivo ^{14,65}. Por lo tanto, sólo las fibras expuestas en la superficie del poste pueden proporcionar sitios para la unión química con las moléculas de silano. El agente de acoplamiento de silano usado más comúnmente para aplicaciones dentales es un pre-hidrolizado monofuncional γ -metacrililoxipropiltrimetoxisilano diluido en una solución de etanol-agua. ⁸

El γ -metacrililoxipropiltrimetoxisilano (o 3-trimetoxisililpropilmetacrilato) es un ejemplo de silano monofuncional, (Figura 2). ¹³

Figura 2: Silano Monofuncional, γ -methacrililoxipropiltrimetoxisilano (o 3-trimetoxisililpropil metacrilato).



Fuente: Matinlinna J, Lassila L, Özcan M, Yli-Urpo A, Vallittu Pekka. An Introduction to Silanes and Their Clinical Applications in Dentistry. Int J Prosthodont 2004.¹³

El silano tiene la capacidad de unir materiales inorgánicos semejantes como vidrio, rellenos minerales, metales y óxidos metálicos a resinas orgánicas; a través de reactividad dual para facilitar el enlace entre el composite y otras resinas orgánicas a la porcelana. Los silanos son materiales versátiles usados en un amplio rango de aplicaciones incluyendo promotores de adhesión, agentes acopladores, agentes dispersadores y modificadores de superficie.⁶⁴

Cuando el silano es usado como un primer en sustratos, a menudo dan mejores propiedades en la unión, esto resulta en mejorar la resistencia a la humectación, la resistencia a la temperatura, y la resistencia química. Los silanos pueden ser usados como agentes de enlace semejantes como acrilatos, poliuretanos y poliésteres para mejorar la resistencia a la tensión, resistencia a la propagación de tensión, y la resistencia a la abrasión.⁶⁶

Como agentes acopladores, los silanos son definidos como sustancias químicas capaces de reaccionar con el reforzamiento inorgánico y la matriz resinosa de las resinas compuestas, pueden también unir rellenos inorgánicos de fibras para resinas orgánicas, para formar o promover una fuerte unión en la interfase. El agente actúa como interfase entre la resina y la fibra de vidrio (o relleno mineral) para formar un puente químico entre los dos. Cuando es usado como un agente acoplador, los silanos unen los polímeros orgánicos a minerales o rellenos silícicos, resultando en una mezcla mejorada produciendo una mejor unión de pigmentos o rellenos a la resina, el incremento de la fuerza de la matriz, una disminución de la absorción de agua de la resina compuesta. La forma de presentación de los silanos puede ser en un único frasco

o dos frascos. Materiales de frasco único son silanos que ya se encuentran hidrolizados, o sea, listos para reaccionar con la superficie a ser aplicada. Materiales con dos frascos necesitan la mezcla de los dos componentes al momento de la aplicación produciéndose la hidrólisis del silano en el momento de la mezcla de los frascos. La aplicación del silano pre hidrolizado es sencilla, pues toda la solución se encuentra presente en un único frasco, uno conteniendo el silano y otro una solución ácida que activa la reacción de hidrólisis de la molécula. Consecuentemente el empleo de silanos no hidrolizados añade una etapa operatoria al procedimiento de cementación de restauraciones indirectas pues se debe realizar la mezcla antes de su aplicación.⁶⁷

Mecanismo de activación del Silano.

Los silanos actúan como un puente para conectar los materiales orgánicos e inorgánicos juntos. Una fórmula general para el agente de acoplamiento de silano funcional es $Y-(CH_2)_m-Si-(OR)_3$. Y, es un grupo órgano funcional que reacciona con matriz orgánica, $-(CH_2)_m$ es un grupo enlazador y O es un grupo alcoxy. Los agentes de acoplamiento de silano funcionales tienen que ser activados por hidrólisis ($SiOR \rightarrow SiOH$) antes de que se pueda unir a través de grupos OH sobre la superficie del sustrato.⁶⁸

Cuando la solución de silano se aplica sobre la superficie del sustrato pre tratado, los grupos silanol libres primero forman enlaces de hidrógeno con el grupo hidroxilo ($-OH$) en la superficie del sustrato inorgánico a temperatura ambiente. Entonces, una vinculación $-Si-O-$ (sustrato) se forma entre el silanol y " $HO-$ (sustrato)" de superficie por condensación.⁶⁹

El material compuesto de resina consiste en grupos funcionales reactivos, por ejemplo, enlaces de doble carbono que pueden reaccionar con los grupos órgano funcionales de los agentes de acoplamiento de silano. Los componentes iniciadores en la resina compuesta se descomponen en radicales libres de alta energía reactiva y por la luz azul visible en el intervalo de 400 a 500 nm que entonces reaccionan con la unión $>C=C$

< en el monómero de la resina o en la molécula de silano para generar una nueva especie activa de radicales libres. ^{13,68}

En este panorama actual, algunos aspectos de agentes de acoplamiento de silano se han discutido. Los silanos son un buen agente de acoplamiento debido a que promueven la adhesión entre compuestos de resina y materiales de restauración dental. Sin embargo, hay también algunas limitaciones para ellos como su aplicación en aquellos materiales de restauración no basados en sílice, tales como zirconia, alúmina, metal y aleaciones de metal. Actualmente no solo los agentes de acoplamiento de silano son utilizados para la promoción de la adhesión de la resina compuesta para materiales de restauración dental, sino que hay algunos agentes de acoplamiento tales como el éster de fosfato MDP añadido a cementos autoadhesivos, adhesivos. Los ésteres de fosfato pueden unirse directamente con los grupos hidroxilo de la superficie no silanizada que contiene cerámica como circonio. Además, la aplicación de este agente de acoplamiento en la unión de compuestos de resina a la cerámica refleja mejor estabilidad hidrolítica de unión más que el uso de agentes de acoplamiento de silano. ⁶⁸

Cabe recordar que la aplicación de agentes de acoplamiento de silano en la promoción de la adhesión de la resina compuesta para materiales de restauración dental se ha usado más de 50 años desde su primera introducción en odontología. El principal problema de las resinas compuestas unidas a materiales de restauración revestidas con sílice con la aplicación de agentes de acoplamiento de silano es la degradación del enlace que se produce con el tiempo *in vivo* e *in vitro*. Para tratar de resolver este problema se encontró dos enfoques uno menciona el desarrollo de nuevos tratamientos de superficie de los materiales de restauración que pueden mejorar la adhesión química a través de enfoques de silanización convencional situaciones que siguen en tema de investigación y otro enfoque que señala el diseño de nuevos monómeros de silano con la unión duradera y la estabilidad hidrolítica mejorada. Así mismo se determinó que los agentes de acoplamiento de silano con cadena hidrocarburada más larga son más hidrófobos que aquellos con una cadena corta de hidrocarburo, tal como productos comerciales de agentes de acoplamiento de silano pre-hidrolizado, donde la estabilidad hidrolítica de estas uniones debería ser mejorada. ^{68,69}

El uso de silanos para mejorar la unión de agentes de cementación de la resina a los postes de fibra es, sin embargo, un tema controvertido ⁴. Algunos estudios informaron que silanización no tiene un efecto significativo en la fuerza de adhesión de los cementos de resina de GFP ^{4,15,16}, mientras que otros reportaron un efecto creciente sobre la fuerza de adhesión a través de silanización ¹⁷. El revestimiento con silano a los postes de fibra también ha demostrado que aumenta la resistencia de la unión poste-núcleo y permite una adaptación más uniforme del núcleo del composite al poste ⁴⁰. Una investigación reciente ha demostrado también que la aplicación de resinas sin relleno combinado con agentes de acoplamiento de silano, mejora la resistencia de la unión del cemento de resina a la superficie del poste ²⁴. Sin embargo, se necesitan ensayos controlados aleatorios para confirmar si el uso de silano influye en la resistencia de la unión en los postes de fibra.

CEMENTACIÓN DE LOS POSTES DE FIBRA

Los cementos contemporáneos de resina pueden ser clasificados en dos grupos principales, de acuerdo con el enfoque de adhesivo. En el primer grupo (resina regular de cementos), el cemento se utiliza en asociación con un sistema adhesivo, mientras que en el segundo grupo (más recientemente introducido) el cemento es auto-adherente, es decir, sin la necesidad de un pre-tratamiento con ácido al sustrato dental, lo que permite la unión simultánea entre la dentina y el poste intrarradicular. Estos últimos materiales son conocidos como cementos de resina auto-adhesivos (o de auto-grabado) y pueden simplificar los procedimientos de cementación adhesiva. ⁸

Las propiedades de los enlaces de cementos de resina autoadhesivos están basados en metacrilato funcional ácido que puede desmineralizar al mismo tiempo e infiltrarse en los sustratos de dientes ⁷⁰, con el potencial adicional para unirse químicamente a la hidroxiapatita ⁷¹. Los estudios han informado, sin embargo, el potencial de ataque químico limitado para cementos autoadhesivos en comparación con adhesivos etch and rise y self and etch cuando son cementados los postes de fibra ⁷²⁻⁷⁵. Los cementos autoadhesivos también pueden presentar bajos niveles de conversión de C = C ⁷⁶ y más pobres propiedades mecánicas ⁷⁷ que los cementos de resina regulares. Sin embargo, en un ensayo clínico de 3 años aleatorios controlados, un cemento de resina

autoadhesivo trabajó bien con los postes de fibra de vidrio; Este hallazgo fue confirmado en función clínica simulada 5-años y posterior carga lineal ⁷⁸.

Los cementos de resina también se pueden clasificar de acuerdo con su modo de polimerización como fotopolimerizado, auto-polimerizado, o materiales de doble polimerización. Los cementos de fotocurado no se pueden utilizar para la post cementación, ya que necesitan la luz de curado para penetrar en la mayor parte del material; por el contrario, los cementos de auto-curado (o químicamente curados) no tienen problemas relacionados con su polimerización en las zonas apicales, porque el proceso de curado se inicia mediante un mecanismo redox, que se activa sobre la mezcla de las pastas de base y catalizador. Los materiales de auto-curado, sin embargo, ofrecen peores características de manejo debido a su polimerización relativamente rápida e incontrolada. ⁸

Los cementos de resina de curado dual se utilizan sobre todo para la cementación de los postes de fibra de vidrio. Estos materiales teóricamente combinan las propiedades favorables de mayor tiempo de trabajo y la capacidad de llegar a la polimerización adecuada, ya sea en la presencia o ausencia de luz. Se ha demostrado, sin embargo, que la penetración de la luz atenuada interfiere con la polimerización del cemento hacia las zonas apicales del conducto radicular ⁷⁹⁻⁸¹, a veces incluso cuando los postes de fibra translúcidos se utilizan ⁸². En general, el mecanismo de auto curado para materiales de doble curado por sí sola no sólo es más lento sino también menos efectivos que los de uso por activación de luz ⁸³⁻⁸⁵.

También se sabe que los cementos resinosos auto o de doble curado no son compatibles con los adhesivos simplificados (es decir, agentes de dos pasos etch-and-rinse o de un solo paso self-etch). Esta incompatibilidad es debido al bajo pH de adhesivos simplificados, que puede reaccionar a las aminas terciarias básicas utilizadas como co-iniciadores de los de auto-curado, lo que interfiere con la polimerización adecuada ⁸⁶. Los adhesivos de este modo, no simplificados (sistemas de grabado y enjuague de tres pasos, por ejemplo) deben ser utilizados para unión de los postes de

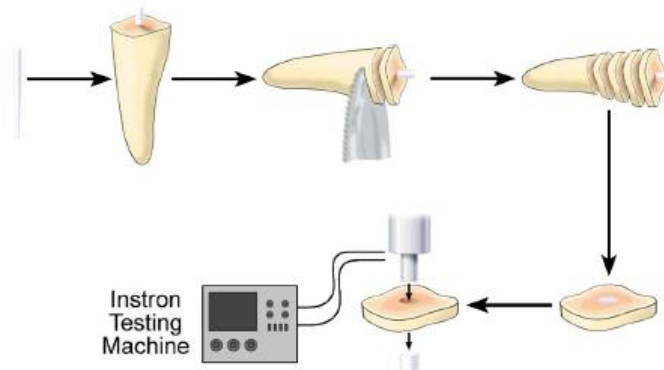
fibra de vidrio a los conductos radiculares utilizando cementos de doble curado regulares.⁸

La reciente introducción de cementos autoadhesivos ha permitido a la cementación de postes de fibra de vidrio utilizando un enfoque más simple, reduciendo potencialmente la sensibilidad de la técnica. En tal situación, el odontólogo debe centrarse más en la preparación del canal para el poste y no confiar en el propio cemento. La capacidad de grabado limitado de materiales autoadhesivos en la presencia de la capa de barrillo compacta creada dentro del espacio de endodoncia⁷⁵ todavía puede ser un motivo de preocupación. En la mayoría de las investigaciones clínicas, GFP fueron cementados con adhesivos de grabado y enjuague en combinación con cementos de resina de auto-curado^{54,87} o curado dual regulares.^{54,88-91}

Por lo tanto, hasta ahora, los estudios clínicos que demuestran el rendimiento clínico de cementación adhesiva en los postes de fibra de vidrio utilizando cementos autoadhesivos (o incluso primers de auto-grabado) son escasos, a pesar de la cantidad de investigaciones recientes de laboratorio que muestran buenos resultados para los cementos de resina autoadhesivos⁹²⁻⁹⁵. Los resultados de una reciente revisión sistemática y meta-análisis de los estudios *in vitro* sugieren que el uso de cemento de resina autoadhesivo podría mejorar la retención de postes de fibra de vidrio, en comparación con los cementos de resina regulares⁹⁶. Los materiales auto-adherente están ganando popularidad rápido y pueden representar una opción clínica fiable tan pronto como más ensayos clínicos indiquen resultados comparables a los cementos de resina regulares.⁸

TEST PUSH OUT

Figura 3: Diagrama que muestra la preparación y análisis de muestras para la resistencia de la unión a la expulsión.



Fuente: Perdigao J, Gomes G, Lee I. The effect of silane on the bond strengths of fiber posts. Dental 2006. ⁴

El test de push out (Figura 3) consiste en aplicar una fuerza para producir deslizamiento de una porción de poste y la carga es transmitida en la interfase fibra matriz. Está basado en la medición de la fuerza de resistencia al desplazamiento de un segmento de poste opuesto al movimiento de un punzón, el cual es dirigido a una velocidad constante. La fractura de la interfase es una clave para entender el mecanismo de rajadura de los composites, tanto en estática como en dinámica. Los análisis de esta técnica sugieren que existen dos fases en el proceso de push-out: la falla y el deslizamiento. ^{51,97-100}

El push out test ha llegado a ser un importante instrumento para caracterizar la desunión de las fibras y el comportamiento de deslizamiento en composites reforzados con fibra. ^{75,101} Esta fuerza interfacial es importante porque tiene un significativo impacto en la fuerza general y flexibilidad de los composites. ⁴² Varios modelos han sido propuestos, los que relacionan las propiedades mecánicas de las interfaces a las de los composites. Diferentes métodos derivados del push -out test han sido usados para evaluar las propiedades mecánicas de la interfase fibra/matriz. Estos incluyen pull-out test; fragmentación de fibras, rajadura de matriz, y desplazamiento de la fibra matriz debido a ciclado termal. Mientras cada uno de estos métodos tiene sus ventajas, ninguno de ellos mide directamente la respuesta dinámica a una fuerza mecánica excepto el pull-out test y el push-out test. ^{64,75,102}

Existen ventajas y desventajas de cada uno de estos métodos. El pull-out test tiene la ventaja de duplicar con mayor proximidad el estado de estrés presente en la interfase de un composite bajo tensión¹⁰³, sin embargo esto requiere especímenes dificultosos para preparar, y solo se produce una medida por espécimen. Al contrario el push-out test genera más medidas por espécimen y es más factible para test rutinarios, es por eso que es elegido para procedimientos de prueba.^{64,75,97,104,105}

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO DE ESTUDIO

- Experimental
- Comparativo
- Prospectivo

3.2 ÁREA DE ESTUDIO

Universidad Nacional de Ingenierías (UNI) – Lima.

3.3 POBLACIÓN, MUESTRA DE ESTUDIO y MUESTREO

- **UNIVERSO:** Dientes superiores e inferiores donados por consultorios dentales, en los que se pidió un consentimiento informado a cada paciente de dichas muestras.
- **MUESTRA:** Para obtener el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula de comparación de dos medias utilizando los datos encontrados en el artículo base. (Figura 4)

Figura 4: Determinación del tamaño de la muestra según el artículo base: Comparación de dos medias

```

. sampsi 9.76 18.45, sd1(4.26) sd2(6.46) alpha(0.05) power(.80)

Estimated sample size for two-sample comparison of means

Test Ho: m1 = m2, where m1 is the mean in population 1
           and m2 is the mean in population 2

Assumptions:

      alpha = 0.0500 (two-sided)
      power = 0.8000
      m1 = 9.76
      m2 = 18.45
      sd1 = 4.26
      sd2 = 6.46
      n2/n1 = 1.00

Estimated required sample sizes:

      n1 = 7
      n2 = 7

```

Criterios de inclusión:

- Dientes con una sola raíz
- Dientes sin fractura radicular
- Dientes sin raíz corta
- Dientes sin raíz dilacerada o curva
- Dientes con ápice maduro.

Criterios de exclusión:

- Dientes con atrición o erosión
- Dientes con caries o lesiones a nivel cervical

3.4 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- Para la Obtención de las muestras se utilizó 14 piezas dentarias extraídas por causas periodontales u ortodónticas. Éstas fueron colocadas en hipoclorito de sodio al 0.2% a 3°C por tres meses.
- Las 14 piezas fueron tratadas endodónticamente con la técnica Corono Apical o Crown – Down, en la cual se utilizaron fresas Gates – Glidden (Union Broach, PA) #2 a la #4 y luego se usaron fresas rotatorias (Profile .06 Taper

Series 29, Dentsply Maillefer, Tulsa, OK) de forma incremental hasta la fresa #35/.06 Taper. Los dientes fueron irrigados entre cada instrumentación con hipoclorito de sodio al 5.25% con una jeringa de 20 ml y aguja hipodérmica 23G 0.6mm x 25mm azul (Nipro). Después de la irrigación final, los espacios del canal se secaron completamente con conos de papel absorbente (Dentsply Maillefer, Tulsa, OK). Los canales preparados se sellaron con conos de gutapercha (Dentsply – Maillefer) sumergidos en cemento Grossman (Endo – G – Fill, Densell). Después del tratamiento endodóntico, los dientes se almacenaron en solución de Cloruro de Sodio al 0.9% a 3°C durante 7 días.

- La corona de cada espécimen fue seccionada perpendicular al eje axial del diente a 2 mm de la Unión Cemento – Esmalte con un disco bidiamantado de 0.15 x 22 mm (KG Sorensen) por medio de un micromotor recto de baja velocidad a 40 000 rpm (NSK EX – 203C) y se irrigó durante el corte con agua fría.
- Se determinó una longitud de trabajo de 13 mm para la colocación de los postes con un sellado endodóntico apical de 4mm a 6mm en todos los dientes.
- Posteriormente cada canal radicular fue preparado con una desobturación inicial con Fresas Peeso # 1 y # 2, después se conformó con la Fresa WhitePost DC 1 correspondiente al diámetro del Poste de Fibra de Vidrio WhitePost DC 1, todo esto fue con un pieza con contra-ángulo de baja velocidad a 40 000 rpm e irrigación con Hipoclorito de Sodio al 5.25% entre cada instrumentación aplicado con una jeringa de 20 ml y aguja hipodérmica 23G 0.6mm x 25mm azul (Nipro).
- Después de la preparación de los canales radiculares, las paredes del canal radicular fueron grabadas con ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos, lavadas con agua destilada durante el mismo tiempo y secadas con conos absorbentes de papel.

- Luego las muestras preparadas fueron divididas aleatoriamente en 2 grupos de 7 piezas: Grupo control para los postes de fibra de vidrio sin aplicación de silano (WhitePost DC 1 – FGM), Grupo para los postes de fibra de vidrio con aplicación de Silano (WhitePost DC 1 – FGM) (Maquira, 3-Metacriloxipropiltrimetoxisilano hidrolizado). Se verificó la inserción del poste a la medida de 13 mm en cada espécimen gracias a un tope de silicona insertado alrededor del poste.
- En la cementación de los postes sin silano, se dosificó y mezcló la resina de cementación (Relyx U200) en una proporción de 1:1 según las indicaciones del fabricante, se introdujo el cemento al conducto usando un léntulo, y se posicionó el poste dentro del conducto haciendo presión digital durante 10 segundos, luego se eliminaron los excesos de cemento, después se esperaron 6 min de autopolimerización y después se fotopolimerizó con una lámpara de luz led durante 40 seg (Woodpecker Led D Curing Light).
- En la cementación de los postes con silano, se aplicó dos capas de silano en la superficie del poste, y se dejó secar por 3 minutos, según las indicaciones del fabricante. Finalmente se realizó el mismo proceso de cementación con Relyx U200 como se realizó con el grupo sin silano.
- Las piezas fueron sumergidas en agua destilada por 24 horas. A temperatura ambiente hasta realizar los cortes milimétricos, según las normas ISO. Para realizar los cortes milimétricos se empleó una pieza de mano de baja velocidad disco diamantado biactivo 0.15 x 22 mm (KG Sorensen) por medio de un micromotor recto de baja velocidad a 40 000 rpm (NSK EX – 203C) irrigándose durante el corte con agua destilada, las raíces fueron horizontalmente seccionadas en 3 porciones de 2mm de grosor que representaron la porción coronal, media y apical del poste obteniéndose 3 especímenes por diente de 2mm de espesor. Las medidas de cada espécimen fueron registradas con un paquímetro digital Mitutoyo (Mitutoyo Corp, Kanogawa, Japan). Un total de 42 especímenes fueron obtenidos, 21 del grupo

I (control) y 21 del grupo II (con silano). Cada espécimen fue marcado con un plumón indeleble en su porción Coronal como referencia.

- La realización de la prueba push out fue ejecutada por medio de una Máquina Universal de Ensayos marca LG WEW – 300B. Los datos fueron recolectados en una ficha (ANEXO 1) de acuerdo al tratamiento de superficie realizado sobre el poste y sobre la dentina radicular. La fuerza adhesiva (MPa) se calculó dividiendo la carga de ruptura(N) entre el área (mm²) de la interfase adhesiva de cada espécimen. Cada fragmentos de diente fue colocado en la plataforma metálica con la superficie coronal hacia abajo; la punta cilíndrica de la maquina fue posicionado sólo sobre la superficie del poste, éste no contacta con las paredes del segmento de diente, enseguida se aplicó la fuerza compresiva con una carga de 3 Kg a 25 Kg a velocidad de 0.5mm/min, que fue en sentido ápico-coronal hasta que se desprendió el fragmento del poste en el conducto.
- Los valores fueron registrados en Kgf/mm² que luego fueron convertidos a MPa para conseguir los valores de fuerza adhesiva. Para calcular fuerza adhesiva se utilizó la fórmula:

$$H= F/A$$

Donde F está registrado en MPa. Ya que el poste es cónico, los diámetros de cada superficie y el espesor fueron medidos utilizando un paquímetro digital Mitutoyo (Mitutoyo Corp, Kanogawa, Japan).

A es el área total en mm².

La fórmula que calculó la interfase adhesiva fue:

$$A= \pi (R2+R1) [h^2+ (R2-R1)^2]^{0,5}$$

Π : 3.14

R2: Radio Coronal del fragmento del poste

R1: Radio Apical del fragmento poste

h: Espesor de la muestra

Los resultados obtenidos en Kgf/mm^2 fueron colocados en una tabla de excel para poder realizar la conversión a MPa con la fórmula anteriormente descrita.

3.5 ASPECTOS ÉTICOS:

Este estudio fue enviado al Comité de Ética de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo para su correspondiente evaluación y solicitud para la autorización del proyecto a investigar y así poder cumplir con las normas que la institución convenga plantear.

Este trabajo de investigación no presentó implicaciones éticas debido a que se realizó un experimento *In Vitro*, con dientes recolectados en consultorios dentales mediante un consentimiento informado firmado por cada paciente de dichos dientes que fueron extraídos por motivos ajenos al estudio, ya sean por razones ortodónticas o periodontales. (ANEXO 2).

Este tipo de muestra según MINSA pertenece a una Clase A (Residuo Biocontaminado) Tipo A4 (Residuo Quirúrgico y Anátomo-Patológico), el cual para su estudio, fue previamente desinfectada con una solución de Hipoclorito de Sodio en concentración no menor a 5000 ppm. Finalmente para su eliminación, las piezas fueron autoclavadas a temperatura de 135 a 137 °C por 30 min, luego fueron acondicionadas separadamente en bolsas de plástico, color rojo, rotuladas con los símbolos correspondientes y transportadas para su tratamiento en un establecimiento de salud para su disposición final según la Norma Técnica de Salud N° -2010-MINSA/DIGESA-V.01: "Gestión y Manejo de Residuos Sólidos en Establecimientos de Salud y Servicios Médicos de Apoyo a nivel Nacional".

IV. ANÁLISIS DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el análisis univariado se procedió a obtener la estadística descriptiva (media, desviación estándar) de las variables cuantitativas.

Para determinar la normalidad de la muestra se utilizó la prueba de Shapiro Wilk.

Finalmente para la comparación de grupos se utilizó la prueba no probabilística de Kruskal - Wallis. El nivel de significancia con el que se trabajó en este estudio fue de $p < 0.05$

Los datos fueron trabajados con el Software Estadístico Stata 12.0

V. RESULTADOS

En general, este estudio *In Vitro* dio como resultados para los postes sin tratamiento de silano un promedio de Fuerza de Adhesión Media más alta (26.56 ± 10.61) MPa que los postes tratados con silano (21.77 ± 8.14) MPa. Mediante la Prueba Kruskal Wallis, se observó diferencias significativas entre los grupos evaluados sin aplicación de silano ($p=0.001$) y también en los grupos con aplicación de silano ($p=0.027$). (Tabla 1 y Gráfico 1)

TABLA 1

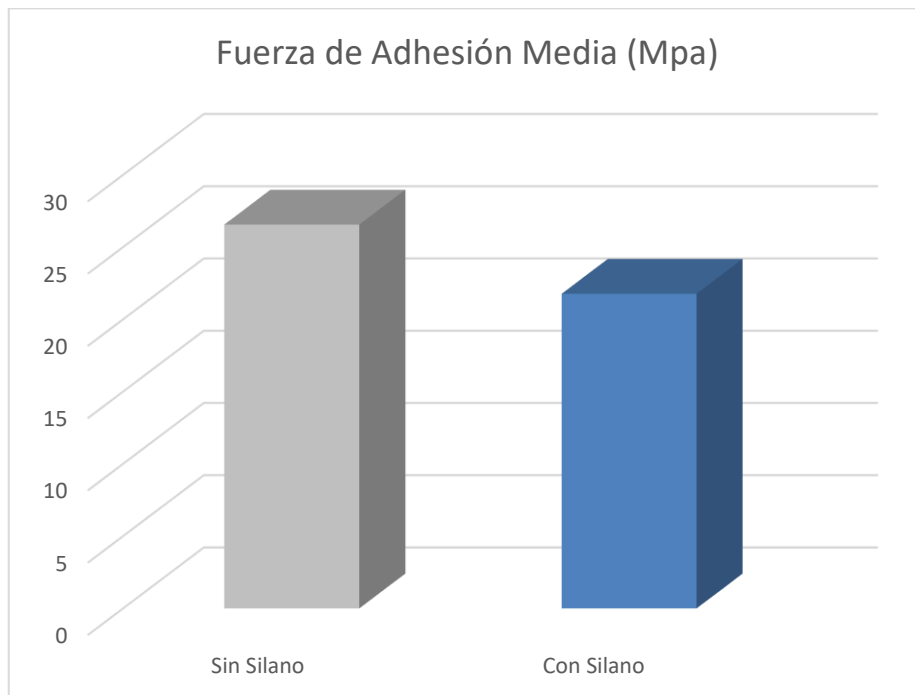
COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA FUERZA DE ADHESIÓN DE LAS SUPERFICIES TRATADAS CON SILANO FRENTE A LAS SUPERFICIES SIN APLICACIÓN DE SILANO EN LA CEMENTACIÓN DE POSTES DE FIBRA DE VIDRIO.

TRATAMIENTO	FUERZA DE ADHESIÓN MEDIA (MPA)	DESVIACIÓN	P*
Sin Silano	26.56	10.61	0.001
Con Silano	21.77	8.14	0.027

* Prueba de Kruskal Wallis
Nivel de significancia, ($p < 0.05$)

GRÁFICO 1

COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA FUERZA DE ADHESIÓN DE LAS SUPERFICIES TRATADAS CON SILANO FRENTE A LAS SUPERFICIES SIN APLICACIÓN DE SILANO EN LA CEMENTACIÓN DE POSTES DE FIBRA DE VIDRIO.



En la evaluación de los resultados obtenidos por regiones en los postes sin silano, cuando las medias se agruparon, el tercio coronal (34.07 ± 20.16) MPa resultó con fuerzas de adhesión estadísticamente mayores que el tercio medio (32.07 ± 9.27) MPa y que el tercio apical (13.54 ± 2.4) MPa. Se realizó la prueba de Shapiro Wilk para contrastar la normalidad de las variables, hallándose una distribución normal en el tercio medio ($p=0.27$) y en el tercio apical ($p=0.08$). (Tabla 2 y Gráfico 2)

TABLA 2

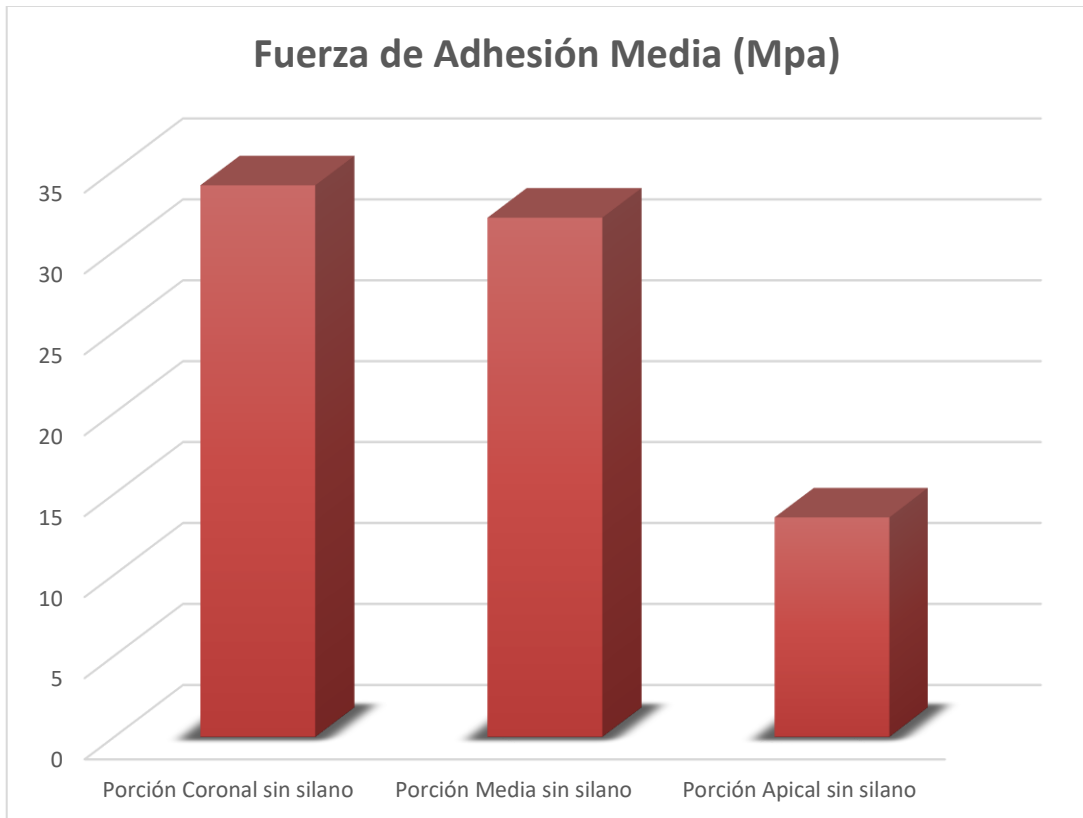
EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA FUERZA DE ADHESIÓN DE LAS SUPERFICIES DE LOS POSTES WHITE POST TRATADAS SIN SILANO EN DENTINA RADICULAR, A NIVEL CORONAL, MEDIO Y APICAL.

	Fuerza de Adhesión Media (Mpa)	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	P*
Porción Coronal sin silano	34.07	20.16	20.75	77.49	0.00503
Porción Media sin silano	32.07	9.27	22.9	46.09	0.27418
Porción Apical sin silano	13.54	2.4	8.59	15.92	0.08142

* Prueba de Shapiro Wilk
Nivel de significancia, ($p > 0.05$)

GRÁFICO 2

EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA FUERZA DE ADHESIÓN DE LAS SUPERFICIES DE LOS POSTES WHITE POST TRATADAS SIN SILANO EN DENTINA RADICULAR, A NIVEL CORONAL, MEDIO Y APICAL.



En la evaluación de los resultados obtenidos por regiones en los postes Con Silano, en la agrupación de las medias, el tercio coronal (30.21 ± 7.8) MPa resultó con fuerzas de adhesión estadísticamente mayores que el tercio medio (18.15 ± 5.57) MPa y que el tercio apical (16.94 ± 11.05) MPa. Se realizó la prueba de Shapiro Wilk para contrastar la normalidad de las variables, hallándose una distribución normal en el tercio medio ($p=0.94$). (Tabla 3 y Gráfico 3)

TABLA 3

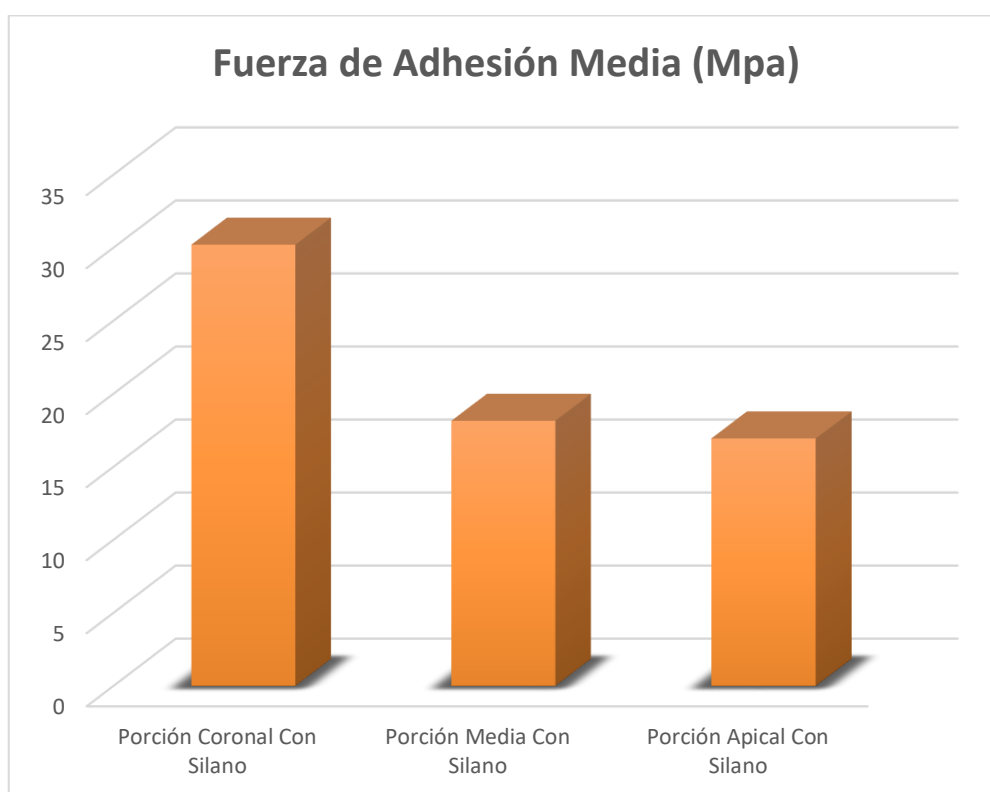
EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA FUERZA DE ADHESIÓN DE LAS SUPERFICIES DE LOS POSTES WHITE POST CON APLICACIÓN DE SILANO, EN DENTINA RADICULAR, A NIVEL CORONAL, MEDIO Y APICAL.

	Fuerza de Adhesión Media (Mpa)	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	P*
Porción Coronal Con Silano	30.21	7.8	14.72	35.88	0.01672
Porción Media Con Silano	18.15	5.57	10.64	27.57	0.94929
Porción Apical Con Silano	16.94	11.05	8.49	40.46	0.0117

* Prueba de Shapiro Wilk
Nivel de significancia, ($p > 0.05$)

GRÁFICO 3

EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA FUERZA DE ADHESIÓN DE LAS SUPERFICIES DE LOS POSTES WHITE POST CON APLICACIÓN DE SILANO, EN DENTINA RADICULAR, A NIVEL CORONAL, MEDIO Y APICAL.



En la comparación de la fuerza de adhesión entre regiones que presentaron los postes de fibra de vidrio tratados Sin silano y Con Aplicación de Silano, se observó en el Tercio Coronal (Grupo Sin Silano) el valor más alto (34.07 MPa), seguido del Tercio Medio (Grupo Sin Silano) (32.07 MPa) y finalmente del Tercio Apical (Grupo Con Silano) (16.94 MPa). Mediante la Prueba Kruskal Wallis, se observó diferencias significativas entre los grupos evaluados sin aplicación de silano ($p=0.001$) y también en los grupos con aplicación de silano ($p=0.027$). (Tabla 4 y Gráfico 4)

TABLA 4

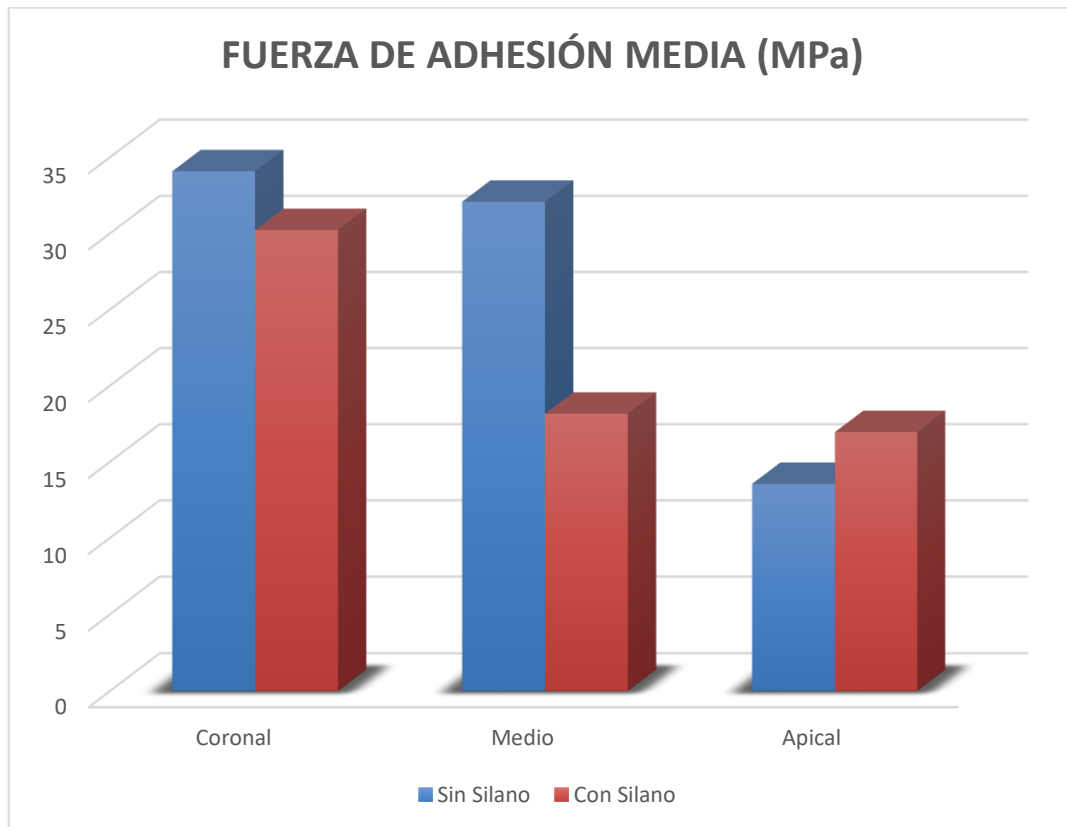
COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA FUERZA DE ADHESIÓN DE LAS SUPERFICIES TRATADAS SIN SILANO FRENTE A LAS SUPERFICIES CON APLICACIÓN DE SILANO DE LOS POSTES DE FIBRA DE VIDRIO POR REGIONES.

Tratamiento	Región	Fuerza de Adhesión Media (Mpa)	P*
Sin Silano	Coronal	34.07	0.001
	Medio	32.07	
	Apical	13.54	
Con Silano	Coronal	30.21	0.027
	Medio	18.15	
	Apical	16.94	

* Prueba de Kruskal Wallis
Nivel de significancia, ($p < 0.05$)

GRÁFICO 4

COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA FUERZA DE ADHESIÓN DE LAS SUPERFICIES TRATADAS SIN SILANO FRENTE A LAS SUPERFICIES CON APLICACIÓN DE SILANO DE LOS POSTES DE FIBRA DE VIDRIO POR REGIONES.



VI. DISCUSIÓN

En este estudio se evaluó la influencia del pre-tratamiento químico con silano en la fuerza de adhesión de los postes al sistema de cementación resinosa dual autograbante y autoadhesiva, mediante una prueba de Micropush-out, en la que se obtienen varios especímenes de una muestra y así obtener una distribución de estrés uniforme. ¹⁰⁹⁻¹¹¹

El método de micropush-out proporciona una estimación más precisa de la fuerza de unión en comparación con la prueba de cizallamiento convencional, ya que la fractura se produce en paralelo (no transversal) con la interfaz de unión, que simula las condiciones clínicas. ^{110,112}

Aparentemente, para la prueba de unión microtensílica, una ventaja adicional de usar la prueba de Push-out de "Porción delgada" es que se pueden recuperar múltiples especímenes de un solo núcleo de poste/cemento. ¹¹³ Por consiguiente, la prueba micropush-out ha sido comúnmente aceptado para la evaluación de la fuerza de adhesión. ^{75,110,111}

Por otro lado, debido a que el poste retiene y estabiliza el muñón o núcleo respectivo, era importante evaluar diferentes niveles de adhesión del poste. En consecuencia uno de los objetivos del presente estudio, fue evaluar la fuerza de unión en cada nivel de la raíz.

La diferencia en el número de túbulos puede explicar por qué la adhesión más fuerte se produjo en las secciones más coronales. La densidad de los túbulos es mayor en los tercios coronal y medio que en la parte apical de la raíz. ¹¹⁴

Debido a que la adhesión puede ser mejorada por la penetración de la resina en los túbulos, si hubiera un mayor número de túbulos por mm² se esperaría un enlace más fuerte. ¹¹⁵

Otro factor que puede jugar un papel en la diferencia en las fuerzas de adhesión en la prueba Push-out entre el tercio coronal y el tercio apical es la accesibilidad de la porción coronal del canal, haciendo más fácil el grabado y la aplicación más completa de los agentes adhesivos. ⁴

En este estudio se utilizó el agente de acoplamiento 3-metacriloxipropiltrimetoxisilano hidrolizado; sin embargo, su aplicación no mejoró significativamente la resistencia de unión interfacial, comparado con los grupos no silanizados, mostrando la ineficacia de la silanización que podría atribuirse a una relativamente débil interacción química entre el monómero funcional de silano y los postes que tienen poco o ningún vidrio silanizable expuesto. ¹¹⁶

El papel del agente de silano es proporcionar retención química y mecánica para postes de fibra a través de la reacción química con óxido de silicio en un poste de fibra y la matriz adhesiva. Sin embargo, la resina epoxi, un componente principal de los postes de fibra de vidrio, es un polímero no silicato y puede no estar bien combinado con un agente silano debido a una unión débil o ausente del grupo funcional silano a la resina epoxídica. ^{4,116}

El hallazgo en este estudio no está de acuerdo con los resultados de estudios anteriores. ^{24-28,34,35,39-41} Sin embargo otros estudios aportan con el resultado obtenido. ^{4,29,30,33,36,37,51,116} Es por eso que existe una gran controversia acerca de la eficiencia de la post silanización en la mejora de la fuerza de adhesión, esta incoherencia en los resultados de los estudios puede ser explicada por las diferencias en la composición del poste, los materiales de cementación utilizados y los tipos de ensayos. ³⁷

Se necesitan estudios adicionales in vivo para evaluar si el rendimiento positivo de los postes de fibra de vidrio sin tratamiento con silano es similar al rendimiento in vitro. Además, se requieren estudios in vitro e in vivo para evaluar si todavía se conserva una buena adherencia pretratando la superficie posterior con los tratamientos químicos propuestos antes del uso clínico.

La evaluación de este enfoque facilitará a los fabricantes a proporcionar postes de fibra que ayuden a ahorrar tiempos de trabajo y dinero al momento de su cementación. Sería de interés en el futuro evaluar la durabilidad de la resistencia de la unión poste de fibra / cemento sometida a los tratamientos químicos propuestos para proporcionar recomendaciones confiables para los odontólogos.

VII. CONCLUSIONES

Dentro de las limitaciones de este estudio in vitro se hacen las siguientes conclusiones:

1. El uso de un agente de acoplamiento de silano no influye en una mayor fuerza de adhesión entre las superficies de los postes de fibra y el cemento de resina.
2. El tercio coronal del poste de fibra de vidrio sin aplicación de silano se une más fiablemente a la raíz que el tercio medio o apical
3. El tercio coronal del poste de fibra de vidrio con aplicación de silano se une más fiablemente a la raíz que el tercio medio o apical
4. Entre las regiones tratadas con y sin silano se concluye que el tercio coronal sin tratamiento de silano presenta una mejor fuerza de adhesión.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. DA S. Non-metal post systems. *Dent Updat.* 2001;28:326–2, 334, 336.
2. Michalakis KX, Hirayama H, Sfolkos J SK. Light transmission of posts and cores used for the anterior esthetic region. *Int J Periodontics Restor Dent.* 2004;24:462–9.
3. Paul SJ WP. Clinical success of zirconium oxide posts with resin composite or glass ceramic cores in endodontically treated teeth: a 4-year retrospective study. *Int J Prosthodont.* 2004;17:524–8.
4. Perdigao J, Gomes G LI. The effect of silane on the bond strengths of fiber posts. *Dent Mater.* 2006;22:752–8.
5. Demiryurek EO, Kulunk S, Sarac D, Yuksel G BB. Effect of different surface treatments on the push-out bond strength of fiber post to root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108(2):74–80.
6. Assif D GC. Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent.* 1994;71:565–7.
7. Aksornmuang J, Foxton RM, Nakajima M TJ. Microtensile bond strength of a dual-cure resin core material to glass and quartz fibre posts. *J Dent.* 2004;32:443–50.
8. Moraes AP, Cenci MS, Moraes RR CT. Current concepts on the use and adhesive bonding of glass-fiber posts in dentistry: a review. *Appl Adhes Sci.* 2013;1:4.
9. Mendoza DB, Eakle WS, Kahl EA HR. Root reinforcement with a resin-bonded preformed post. *J Prosthet Dent.* 1997;78:10–4.

10. Ferrari M, Vichi A GS. Efficacy of different adhesive techniques on bonding to root canal walls: an SEM investigation. *Dent Mater.* 2001;17:422–9.
11. Sahmali S, Demirel F SG. Comparison of in vitro tensile bond strengths of luting cements to metallic and tooth-colored posts. *Int J Periodontics Restor Dent.* 2004;24:256–63.
12. Bell AM, Lassila LV, Kangasniemi I VP. Bonding of fibre-reinforced composite post to root canal dentin. *J Dent.* 2005;33:533–9.
13. Matinlinna JP, Lassila LV, Ozcan M, Yli-Urpo A VP. An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry. *Int J Prosthodont.* 2004;17:155–64.
14. Davis P, Melo LS, Foxton RM, Sherriff M, Pilecki P, Mannocci F WT. Flexural strength of glass fibre-reinforced posts bonded to dual-cure composite resin cements. *Eur J Oral Sci.* 2010;118:197–201.
15. Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Cury AH, Coniglio I, Vulicevic ZR, Garcia-Godoy F FM. The effect of sandblasting on adhesion of a dual-cured resin composite to methacrylic fiber posts: microtensile bond strength and SEM evaluation. *J Dent.* 2007;35:496–502.
16. Bitter K, Meyer-Lueckel H, Priehn K, Kanjuparambil JP, Neumann K KA. Effects of luting agent and thermocycling on bond strengths to root canal dentine. *Int Endod J.* 2006;39:809–18.
17. Albaladejo A, Osorio R, Papacchini F, Goracci C, Toledano M FM. Post silanization improves bond strength of translucent posts to flowable composite resins. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2007;82:320–4.
18. Balbosh A KM. Effect of surface treatment on retention of glass-fiber endodontic posts. *J Prosthet Dent.* 2006;95:218–23.
19. Tay FR PD. Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal. *J Endod.* 2007;33:391–8.
20. Asmussen E, Peutzfeldt A HT. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. *J Dent.* 1999;27:275–8.
21. Hsu YB, Nicholls JI, Phillips KM LW. Effect of core bonding on fatigue failure of compromised teeth. *Int J Prosthodont.* 2002;15:175–8.
22. Zicari F, De Munck J, Scotti R et al. Factors affecting the cement-post interface. *Dent Mater.* 2012;28:287–97.

23. Bitter K, Neumann K KA. Effects of pretreatment and thermocycling on bond strength of resin core materials to various fiber-reinforced composite posts. *J Adhes Dent.* 2008;10:481–9.
24. Cecchin D, Farina AP, Vitti RP, Moraes RR, Bacchi A SA. Acid Etching and Surface Coating of Glass-Fiber Posts: Bond Strength and Interface Analysis. *Brazilian Dent Journal.* 2016;27(2):228–33.
25. Pyun J, Shin T, Lee J, Ahn K, Kim T CH. Effects of hydrogen peroxide pretreatment and heat activation of silane on the shear bond strength of fiber-reinforced composite posts to resin cement. *J Adv Prosthodont.* 2016;8:94–100.
26. Belwalkar V, Gade J MN. Comparison of the effect of shear bond strength with silane and other three chemical presurface treatments of a glass fiber-reinforced post on adhesion with a resin-based luting agent: An in vitro study. *Contemp Clin Dent.* 2016;7(2):193–7.
27. Moraes AP, Sarkis-Onofre R, Moraes RR, Cenci MS, Soares CJ P-CT. Can silanization increase the retention of glass-fiber posts? A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Oper Dent.* 2015;40:567–80.
28. Saker S, El-Kholany N E-WN. Effect of Different Surface Treatments on Push-out Bond Strength of Glass Fiber Posts to Resin Composite Core Material. *J Dent Appl.* 2015;2(6):246–50.
29. Liu C, Liu H, Qian YT, Zhu S & ZS. The influence of four dual-cure resin cements and Surface treatment selection to bond strength of fiber post. *Int J Oral Sci.* 2014;6(1):56–60.
30. Anastacio M GE. Tensile Strength of Glass Fiber Posts Submitted to Different Surface Treatments. *Brazilian Dent Journal.* 2013;24(6):626–9.
31. Mosharraf R & RP. Effects of post surface conditioning before silanization on bond strength between fiber post and resin cement. *J Adv Prosthodont.* 2013;5(2):126–32.
32. Kim YK, Son JS, Kim KH et al. A simple 2-step silane treatment for improved bonding durability of resin cement to quartz fiber post. *J Endod.* 2013;39:1287–90.
33. Elsaka S. Influence of chemical surface treatments on adhesion of fiber posts to composite resin core materials. *Dent Mater.* 2013;29:550–8.

34. Amaral M, Bergoli C VL. Influence of Surface Conditioning Protocols on Glass-Fiber Post Adhesion Performance After Aging and Flexural Strength. *J Adhes*. 2013;89:755–68.
35. Leme AA, Pinho AL, de Goncalves L et al. Effects of silane application on luting fiber posts using self-adhesive resin cement. *J Adhes Dent*. 2013;15:269–74.
36. Tian Y, Mu Y, Setzer FC et al. Failure of fiber posts after cementation with different adhesives with or without silanization investigated by pullout tests and scanning electron microscopy. *J Endod*. 2012;38:1279–82.
37. Mosharraf R BYN. Comparative evaluation of effects of different surface treatment methods on bond strength between fiber post and composite core. *J Adv Prosthodont*. 2012;4:103–8.
38. Kasraei Sh, Ebadi Sh, Atai M, Khamverdi Z KS. Effect of Silane Solvent on Microtensile Bond Strength of Hydrogen Peroxide-Treated Fiber Post and Composite Core. *J Dent*. 2008;5(3):120–5.
39. Bitter K, Noetzel J, Neumann K KA. Effect of silanization on bond strengths of fiber posts to various resin cements. *Quintessence Int*. 2007;38:121–8.
40. Monticelli F, Toledano M, Osorio R FM. Effect of temperature on the silane coupling agents when bonding core resin to quartz fiber posts. *Dent Mater*. 2006;22:1024–8.
41. Goracci C, Raffaelli O, Monticelli F, Balleri B, Bertelli E FM. The adhesion between prefabricated FRC posts and composite cores: microtensile bond strength with and without post silanization. *Dent Mater*. 2005;21:437–44.
42. Duret B, Reynaud M DF. Intéret des matériaux á structure unidirectionnelle dans les reconstitutions corono-radiculaires. *J Biomat Dent*. 1992;7:45–47.
43. Ferrari M SR. Pernos de Fibra. Bases teóricas y aplicaciones clínicas. Masson, editor. Barcelona; 2004. 131 p.
44. Duret B, Reynaud M DF. Un nouveau concept de reconstitution corono-radiculaire: le Composipost (1). *Le Chir Dent Fr*. 1990;540:131–41.
45. Duret B, Reynaud M DF. Un nouveau concept de reconstitution corono-radiculaire: le Composipost (2). *Le Chir Dent Fr*. 1990;542:69–77.
46. KK C. Composite materials. Science and engineering. 2nd ed. Springer-Verlag,

- editor. New York; 1998. 483 p.
47. Hull D CT. An introduction to composite materials. 2nd ed. Press CU, editor. Cambridge; 1996. 326 p.
 48. Magni E, Radovic I, Ying-jie W, Chen J, Ferrari M ZL. Effect of curing modes of dual-curing luting systems and root regions on retention of translucent fiber posts in root canals. *J Adhes Dent.* 2007;10(3):219–26.
 49. Radovic I, Mazzitelli C, Chieffi N FM. Evaluation of the adhesion of fiber posts cemented using different adhesive approaches. *Eur J Oral Sci.* 2008;116(6):557 – 63.
 50. Rathke A, Haj-Omer D, Muche R HB. Effectiveness of bonding fiber posts to root canals and composite core build-ups. *Eur J Oral Sci.* 2009;117(5):604 – 10.
 51. Vano M, Goracci C, Monticelli F, Tognini F, Gabriela M, Tay F FM. The adhesion between fibre posts and composite resin cores the evaluation of microtensile bond strength following various surface chemical treatments to posts. *Int Endod Journal.* 2005;39:31–9.
 52. Kalkan M, Usumez A, Ozturk A, Belli S EG. Bond strength between root dentin and three glass-fiber post systems. *J Prosthet Dent.* 2006;96(1):41 – 6.
 53. Piovesan EM, Demarco FF, Cenci MS P-CT. Survival rates of endodontically treated teeth restored with fiber-reinforced custom posts and cores: a 97-month study. *Int J Prosthodont.* 2007;20:633–9.
 54. Ferrari M, Vichi A, Mannocci F MP. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am J Dent.* 2000;13:9B–13B.
 55. Fredriksson M, Astback J, Pamenius M AK. A retrospective study of 236 patients with teeth restored by carbon fiber-reinforced epoxy resin posts. *J Prosthet Dent.* 1998;80:151–7.
 56. B. G. Restoration of endodontically treated teeth with carbon fibre posts—a prospective study. *J Can Dent Assoc.* 2000;66:613–8.
 57. Mannocci F, Bertelli E, Sherriff M, Watson TF FT. Three-year clinical comparison of survival of endodontically treated teeth restored with either full cast coverage or with direct composite restoration. *J Prosthet Dent.* 2002;88:297–301.
 58. Martinez-Insua A, da Silva L, Rilo B SU. Comparison of the fracture resistances

- of pulpless teeth restored with a cast post and core or carbon-fiber post with a composite core. *J Prosthet Dent.* 1998;80:527–32.
59. WG. de R. Removal of fiber posts from endodontically treated teeth. *J Dent.* 2000;13:19B–21B.
 60. Esmeral LI, Figueiredo AC, Pessuti MC PJ. Esthetic in ceramic restorations: Current classification of dental ceramic. *Rev Odontol Dominic.* 2002;8:16–23.
 61. EP. P. Adhesion through silane coupling agents. *J Adhes.* 1970;2:184–201.
 62. EP. P. Composites having ionomer bonds with silanes at the interfaces. *J Adhes Sci Technol.* 1989;3:131–9.
 63. Rodríguez M^aA, Rubio J, Rubio F, Liso M^aJ O. Reacción del γ -aminopropiltriétoxissilano (γ -APS) con partículas de pizarra. *Bolet Sociedad Española. Cerámica y Vidrio. Cerám Vidr.* 2001;40(2):101–7.
 64. JM. V. *Materiales en Odontología: Fundamentos Biológicos, clínicos, Biofísicos y Fisicoquímicos.* Avances Me. Madrid.; 1996.
 65. Lastumaki TM, Lassila LV VP. The semi-interpenetrating polymer network matrix of fiber-reinforced composite and its effect on the surface adhesive properties. *J Mater Sci Mater Med.* 2003;14:803–9.
 66. Goyal S. Silanes: Chemistry and applications. *J Indian Prosthodont Soc.* 2006;6(1):14–8.
 67. Ozcan M, Amaral R, Vanderlei A, Bottino MA VL. Effect of testing methods on the bond strength of resin to zirconia-alumina ceramic: microtensile versus shear test. *Dent Mater Journal.* 2008;27(6):849 – 55.
 68. Lung C MJ. Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: an overview. *Dent Mater.* 2012;28(5):467–77.
 69. Hosshmand T, Van Noort R KA. Strage effect of pre-activated silane on the resin to ceramic bond. *Dent Mater.* 2004;20:635–42.
 70. Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Vulicevic ZR FM. Self adhesive resin cements: a literature review. *J Adhes Dent.* 2008;10:251–8.
 71. Gerth HU, Dammaschke T, Zuchner H SE. Chemical analysis and bonding reaction of RelyX Unicem and Bifix composites—a comparative study. *Dent Mater.* 2006;22:934–41.
 72. Mazzoni A, Marchesi G, Cadenaro M, Mazzotti G, Di Lenarda R, Ferrari M

- BL. Push-out stress for fibre posts luted using different adhesive strategies. *Eur J Oral Sci.* 2009;117:447–53.
73. Calixto LR, Bandeca MC, Clavijo V, Andrade MF, Vaz LG CE. Effect of resin cement system and root region on the push-out bond strength of a translucent fiber post. *Oper Dent.* 2012;37:80–6.
74. Gomes GM, Gomes OM, Reis A, Gomes JC, Loguercio AD CA. Regional bond strengths to root canal dentin of fiber posts luted with three cementation systems. *Braz Dent J.* 2011;22:460–7.
75. Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, Tay F FM. The adhesión between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci.* 2004;112:353–61.
76. Moraes RR, Boscato N, Jardim PS SL. Dual and self-curing potential of self-adhesive resin cements as thin films. *Oper Dent.* 2011;36:635–42.
77. Saskalauskaite E, Tam LE MD. Flexural strength, elastic modulus, and pH profile of self-etch resin luting cements. *J Prosthodont.* 2008;17:262–8.
78. Naumann M, Sterzenbac G, Alexandra F DT. Randomized controlled clinical pilot trial of titanium vs. glass fiber prefabricated posts: preliminary results after up to 3 years. *Int J Prosthodont.* 2007;20:499–503.
79. Baena E, Fuentes M, Garrido M, Rodriguez J CL. Influence of post-cure time on the microhardness of self-adhesive resin cements inside the root canal. *Oper Dent.* 2012;37:548–56.
80. Cerutti F, Acquaviva PA, Gagliani M, Ferrari M, Mangani F, Depero LE CA. Degree of conversion of dual-cure resins light-cured through glass-fiber posts. *Am J Dent.* 2011;24:8–12.
81. Shadman N, Atai M, Ghavam M, Kermanshah H ES. Parameters affecting degree of conversion of dual-cure resin cements in the root canal: FTIR analysis. *J Can Dent Assoc.* 2012;78:c53.
82. Roberts HW, Leonard DL, Vandewalle KS, Cohen ME CD. The effect of a translucent post on resin composite depth of cure. *Dent Mater.* 2004;20:617–22.
83. Faria-e-Silva AL, Moraes RR, Ogliari FA, Piva E ML. Panavia F: The role of

- the primer. *J Oral Sci.* 2009;51:255–9.
84. Moraes RR, Faria-e-Silva AL, Ogliari FA, Correr-Sobrinho L, Demarco FF PE. Impact of immediate and delayed light activation on self-polymerization of dual-cured dental resin luting agents. *Acta Biomater.* 2009;5:2095–100.
 85. Reges RV, Moraes RR, Correr AB, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L, Piva E NP. In-depth polymerization of dual-cured resin cement assessed by hardness. *J Biomater Appl.* 2008;23:85–96.
 86. Tay FR, Pashley DH, Yiu CK, Sanares AM WS. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemically-cured or dual-cured composites. Part I. Single-step self-etching adhesive. *J Adhes Dent.* 2003;5:27–40.
 87. Mannocci F, Qualtrough AJ, Worthington HV, Watson TF PFT. Randomized clinical comparison of endodontically treated teeth restored with amalgam or with fiber posts and resin composite: five-year results. *Oper Dent.* 2005;30:9–15.
 88. Naumann M, Blankenstein F DT. Survival of glass fibre reinforced composite post restorations after 2 years-an observational clinical study. *J Dent.* 2005;33:305–12.
 89. Ferrari M, Cagidiaco MC, Grandini S, De Sanctis M GC. Post placement affects survival of endodontically treated premolars. *J Dent Res.* 2007;86:729–34.
 90. Grandini S, Goracci C, Tay FR, Grandini R FM. Clinical evaluation of the use of fiber posts and direct resin restorations for endodontically treated teeth. *Int J Prosthodont.* 2005;18:399–404.
 91. Monticelli F, Grandini S, Goracci C FM. Clinical behavior of translucent-fiber posts: a 2-year prospective study. *Int J Prosthodont.* 2003;16:593–6.
 92. Amaral M, Rippe MP, Bergoli CD, Monaco C VL. Multi-step adhesive cementation versus one-step adhesive cementation: push-out bond strength between fiber post and root dentin before and after mechanical cycling. *Gen Dent.* 2011;59:185–91.
 93. Dimitrouli M, Geurtsen W LA. Comparison of the push-out strength of two fiber post systems dependent on different types of resin cements. *Clin Oral Invest.* 2012;16:899–908.

94. Leme AA, Coutinho M, Insaurrealde AF, Scaffa PM da SL. The influence of time and cement type on push-out bond strength of fiber posts to root dentin. *Oper Dent.* 2011;36:643–8.
95. Silva RA, Coutinho M, Cardozo PI, Silva LA ZJ. Conventional dual-cure versus self-adhesive resin cements in dentin bond integrity. *J Appl Oral Sci.* 2011;19:355–62.
96. Sarkis-Onofre R, Skupien JÁ, Cenci MS, de Moraes RR P-CT. The role of resin cement on bond strength of glass-fiber posts (GFPs) luted into root canals: a systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Oper Dent.* 2013;39:E31–44.
97. Klopp R, Crocker J. Dynamic fibre push-out test applied to metalmatrix composites. *J Phys iv.* 1994;3(4):47–52.
98. Mazzitelli C, Ferrari, M, Toledano, M, Osorio R. Surface Roughness Analysis of Fiber Post Conditioning Processes. *J Dent Res.* 2008;87(2):186–90.
99. Quintas A, Bottino, M, Neisser M, Araújo M. Effect of the Surface treatment of plain carbon fiber posts on the retention of the composite core: an in vitro evaluation. *Pesqui Odontológica Bras.* 2001;15(1):64–9.
100. Souza W, Calient L, Ciccine, J, Thomazatti D PR. Tensile Bond Strength of Different Adhesive System to Enamel and Dentin. *Brazilian Dent Journal.* 2007;18(3):124 – 8.
101. Boschian L, Cavalli G, Bertani P GM. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dent Mater.* 2002;18(8):596.
102. Ebru O, Külünk Ş, Saraç D, Yüksel G BB. Effect of different surface treatments on the push-out bond strength of fiber post to root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2009;108(2):74–80.
103. Mendonça L, Mello de Andrade A, García M, Batista P VM. Influence of Diferent Adhesive System on the Pull-Out Bond Strength of Glass Fiber Posts. *J Appl Oral Sci.* 2008;16(3):232–5.
104. Cury A, Goracci C, Chieffi N, Gabriele M, Tay F, Ferrari M VM. Retention of fiber posts cemented at different time intervals in canals obturated using an epoxy resin sealer. *J Dent.* 2008;36(10):801 – 7.

105. Giachetti, L.; Grandini, S.; Calamai, P.; Fantini, G.; Russo D. Translucent fiber post cementation using light- and dual-curing adhesive techniques and a self-adhesive material: Push-out test. *Journal of Dentistry. J Dent.* 2009;37(8):638–42.
106. Cardoso PEC, Braga RR CM. Evaluation of micro-tensile, shear and tensile tests determining the bond strength of three adhesive systems. *Dent Mater.* 1998;14(6):394–8.
107. Oilo G. Bond strength testing – what does it mean? *Int Dent J.* 1993;43(5):492–8.
108. Torii Y, Itou K, Hikasa R, Iwata S NY. Enamel tensile bond strength and morphology of resin-enamel interface created by acid etching system with or without moisture and self-etching priming system. *J Oral Rehabil.* 2002;29(6):528–33.
109. Goracci C, Sadek FT FA. Evaluation of the adhesion of fiber posts to intraradicular dentin. *Oper Dent.* 2005;30(5):627–35.
110. Cekic-Nagas I, Sukuroglu E CS. Does the Surface treatment affect the bond strength of various fibre-post systems to resin-core materials? *J Dent.* 2011;39:171–9.
111. Cekic-Nagas I, Ergun G, Nagas E, Tezvergil A, Vallittu PK LL. Comparison between regional micropush-out and microtensile bond strength of resin composite to dentin. *Acta Odontol Scand.* 2008;66:73–81.
112. Kienanen P, Alander P, Lassila LV VP. Bonding of ceramic insert to a laboratory particle filler composite. *Acta Odontol Scand.* 2005;63:272–7.
113. Sadek FT, Monticelli F, Goracci C, Tay FR, Cardoso PE FM. Bond strength performance of different resin composites used as core materials around fiber posts. *Dent Mater.* 2007;23:95–9.
114. Vichi A, Grandini S, Davidson CL FM. An SEM evaluation of several adhesive systems used for bonding fiber posts under clinical conditions. *Dent Mater.* 2012;18:495–502.
115. Chapell RP, Cobb CM, Spencer P EJ. Dentin tubule anastomosis: A potential factor in dentinal adhesive bonding? *J Prosthet Dent.* 1994;72:183–8.
116. Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E GK. Bond strength of resin cement to

dentin and to surface-treated posts of titanium alloy, glass fiber, and zirconia. *J Adhes Dent.* 2003;5:153–62.

117. Matinlinna J, Lassila L VP. Evaluation of five dental silanes on bonding a luting cement onto silica-coated titanium. *JJOD.* 2006;

IX. ANEXOS:

ANEXO 1: Para la recolección de datos

Espécimen	Región Radicular	Fuerza de compresión Push out test (N)	Radio Coronal (mm)	Radio Apical (mm)	Altura (mm)	Total (mm ²)	Fuerza de Adhesión (MPa)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							

ANEXO 2:

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA DONACIÓN DE DIENTES PARA INVESTIGACIÓN

Este formulario consta de 2 partes:

- La hoja informativa
- El certificado de consentimiento (para registrar su autorización)

Recibirá una copia de este formulario completo

PARTE 1: HOJA INFORMATIVA

- **Nombre del Proyecto:** *“Comparación In Vitro De La Fuerza De Adhesión De Postes De Fibra De Vidrio Sometidos A Tratamiento Con Y Sin Silano”*
- **Investigador del Proyecto:** Gareth Mauricio Robles Medina

En mi calidad de Investigador Responsable del Proyecto, quiero solicitar la donación de su diente que ha sido extraído por motivos ajenos al estudio, para usarlo en esta investigación.

El tipo de investigación que se realizará con el diente que usted done, incluye:

1. Estudio de Tracción: para el análisis de la fuerza adhesiva con respecto a los postes tratados o no tratados con silano, que se usa como enlazador entre el poste y el agente cementante.

Si usted no desea que se utilice su diente para este estudio, lo puede indicar más adelante y su decisión será respetada.

Si usted no desea que su diente sea utilizado para esta investigación éste será eliminado inmediatamente. Si usted desea donar su diente para esta investigación, se almacenará por un tiempo indefinido.

La donación del diente será anónima, es decir, no se podrá identificar de quién es el diente. Así mismo, no se pagará ni se dará otro incentivo por el o los dientes que sean entregados para esta investigación.

Esta investigación contará con la revisión del Comité de Ética de Investigación de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, que se encarga de revisar todas las investigaciones que se realicen con biomateriales y se preocupa por que se protejan los derechos de quienes participan en esta investigación.

En caso de cualquier duda, puede contactarse con el investigador responsable, Gareth Mauricio Robles Medina, con DNI: 44277304, domiciliado en: Alfonso Ugarte 633 Dpto. 402, con teléfono: 978132979.

PARTE 2: CERTIFICADO DE CONSENTIMIENTO PARA DIENTE EXTRAÍDO

Marque con una X, el cuadro que corresponda.

- No donaré mi diente para esta investigación y deseo que sea eliminado
 Dono mi diente y autorizo que esta sea almacenada de manera indefinida

He leído la información, o se me ha leído. He tenido la oportunidad de hacer preguntas y se me ha respondido satisfactoriamente. Consiento de manera voluntaria a disponer de mi diente según lo decidido en este formulario.

Nombre del paciente: _____

Firma del paciente:

Fecha: _____