

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA



TESIS

“Efecto de dos bebidas de uso cotidiano sobre la microdureza y resistencia a la flexión de dos marcas comerciales de disilicato de litio CAD/CAM – Estudio *in vitro*”

Para obtener el título profesional de:

CIRUJANO DENTISTA

AUTOR

Saldaña Machicado, Josué Lucas Sebastián (0000-0002-8272-9756)

ASESOR

Mtro. José Giancarlo Tozo Burgos (0000-0001-5463-9289)

Tacna, junio de 2026

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Josué Lucas Sebastián Saldaña Machicado, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Odontología de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 72689899, declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada:

"Efecto de dos bebidas de uso cotidiano sobre la microdureza y resistencia
a la flexión de dos marcas comerciales de disilicato de litio CAD/CAM -
Estudio in vitro"

Asesorada por Mtro. José Giancarlo Tozo Burgos, la cual presente para optar el: Título Profesional de Cirujano Dentista.

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, habiéndose respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. La tesis presentada no atenta contra los derechos de terceros.

4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a La Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra.

En consecuencia, me hago responsable frente a La Universidad de cualquier responsabilidad que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello a favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.



DNI: 72689899

Fecha: 25/06/2026

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a mi madre, María Elena Machicado Apaza, por ser la persona más importante en mi vida, por su amor incondicional, su esfuerzo incansable y su fortaleza en cada etapa de mi camino. Gracias por acompañarme siempre, por sostenerme en los momentos más difíciles, por creer en mí incluso cuando yo mismo dudaba y por enseñarme, con su ejemplo, a no rendirme. Este logro también es suyo, porque en cada paso que he dado siempre ha estado presente su amor, su sacrificio y su apoyo.

También dedico este trabajo a Pierina Jazmín Marca Machaca, por su compañía, su paciencia, su comprensión y su apoyo constante durante todo este proceso. Gracias por estar a mi lado, por alentarme cuando más lo necesitaba y por impulsarme a seguir adelante en los momentos de cansancio y dificultad. Su presencia fue una parte muy valiosa en este camino.

De igual manera, dedico este trabajo a mis docentes, especialmente a quienes me guiaron, me enseñaron y me motivaron durante mi formación. Gracias por compartir sus conocimientos, por su tiempo, por su dedicación y por contribuir de manera importante a mi crecimiento personal y profesional.

Finalmente, dedico este logro a mi familia y a todas las personas que, de una u otra manera, estuvieron presentes en este proceso, brindándome cariño, apoyo y confianza. Este trabajo lleva también una parte de cada uno de ustedes.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero y profundo agradecimiento al Dr. José Giancarlo Tozo Burgos, asesor de esta tesis, por su orientación, paciencia, compromiso y acompañamiento durante el desarrollo de esta investigación. Gracias por guiarme en cada etapa de este proceso y por brindarme su apoyo para hacer posible la culminación de este trabajo.

Asimismo, agradezco de manera especial al Dr. Jorge Efraín Montoya Portugal y al Dr. Marco Antonio Sánchez Tito, por sus enseñanzas, su apoyo y la motivación que me brindaron a lo largo de este camino. Gracias por haberme ayudado a seguir adelante en medio de las dificultades y por aportar, con sus consejos y su confianza, a mi formación y al desarrollo de este trabajo.

A mi madre, María Elena Machicado Apaza, le agradezco con todo mi corazón por su amor, su esfuerzo, su dedicación y su apoyo incondicional. Gracias por ser mi mayor inspiración, por estar siempre a mi lado y por darme la fuerza necesaria para continuar y no rendirme.

A Pierina Jazmín Marca Machaca, gracias por su paciencia, comprensión y apoyo constante. Gracias por acompañarme en este proceso, por sus palabras de aliento y por ser una persona importante que me impulsó a seguir adelante.

A mis compañeros de laboratorio y amigos, gracias por su colaboración, su compañía y su motivación durante este proceso. Su apoyo hizo que este camino fuera más llevadero.

Finalmente, agradezco a la Escuela Profesional de Odontología de la Universidad Privada de Tacna, por brindarme la formación, las herramientas académicas y los espacios necesarios para llevar a cabo este trabajo de investigación.

RESUMEN

Introducción: El disilicato de litio CAD/CAM es utilizado en odontología restauradora por su resistencia mecánica y estabilidad clínica. Sin embargo, la exposición frecuente a bebidas de uso cotidiano puede modificar su comportamiento superficial y estructural, especialmente cuando el material permanece en contacto prolongado con medios como el café y las bebidas carbonatadas. **Objetivo:** Determinar el efecto de bebidas de uso cotidiano, como café y Coca-Cola®, sobre la microdureza y la resistencia a la flexión de dos marcas comerciales de disilicato de litio CAD/CAM. **Material y métodos:** Se realizó un estudio experimental in vitro con diseño factorial 2×3 . Se evaluaron 132 especímenes de disilicato de litio CAD/CAM, distribuidos en dos materiales: IPS e.max® CAD y Deprag C14 Glass Ceramic. Del total, 66 especímenes fueron destinados al ensayo de microdureza y 66 al ensayo de resistencia a la flexión, con 11 especímenes por subgrupo. Las muestras fueron distribuidas según el medio de inmersión: café, Coca-Cola® y control sin inmersión. La microdureza se determinó mediante ensayo Vickers y la resistencia a la flexión mediante prueba de flexión en tres puntos. Los datos fueron analizados mediante ANOVA de dos factores y comparaciones múltiples post hoc con ajuste de Bonferroni. **Resultados:** En ambas marcas, los mayores valores de microdureza y resistencia a la flexión se observaron en el grupo control, seguidos por los grupos expuestos a Coca-Cola® y café. El café produjo los valores más bajos en ambas propiedades evaluadas. En microdureza, IPS e.max® CAD presentó valores superiores a Deprag C14 Glass Ceramic en las tres condiciones evaluadas. El análisis estadístico mostró efectos significativos del material y del medio de inmersión sobre la microdureza, mientras que en la resistencia a la flexión el efecto estuvo asociado principalmente al medio de inmersión. **Conclusiones:** La inmersión en café y Coca-Cola® influyó en la microdureza y en la resistencia a la flexión de las dos marcas de disilicato de litio CAD/CAM evaluadas. El café presentó descriptivamente los valores más bajos en ambas propiedades en comparación con la Coca-Cola®. IPS e.max® CAD mostró valores superiores de microdureza en todas las condiciones, mientras que las variaciones en la resistencia a la flexión estuvieron relacionadas principalmente con el medio de inmersión más que con la marca comercial.

Palabras clave: disilicato de litio; microdureza; resistencia a la flexión; CAD/CAM; bebidas de uso cotidiano.

**Effect of Two Commonly Consumed Beverages on the Microhardness and
Flexural Strength of Two Commercial CAD/CAM Lithium Disilicate Materials:
An In Vitro Study**

ABSTRACT

Introduction: CAD/CAM lithium disilicate is used in restorative dentistry because of its mechanical strength and clinical stability. However, frequent exposure to commonly consumed beverages may modify its surface and structural behavior, especially when the material remains in prolonged contact with media such as coffee and carbonated beverages. **Objective:** To determine the effect of commonly consumed beverages, such as coffee and Coca-Cola®, on the microhardness and flexural strength of two commercial CAD/CAM lithium disilicate materials. **Materials and methods:** An in vitro experimental study with a 2×3 factorial design was conducted. A total of 132 CAD/CAM lithium disilicate specimens were evaluated and distributed into two materials: IPS e.max® CAD and Deprag C14 Glass Ceramic. Of the total sample, 66 specimens were assigned to the microhardness test and 66 to the flexural strength test, with 11 specimens per subgroup. The specimens were distributed according to the immersion medium: coffee, Coca-Cola®, and no immersion as control. Microhardness was determined using the Vickers test, and flexural strength was assessed using a three-point bending test. Data were analyzed using two-way ANOVA and Bonferroni-adjusted post hoc multiple comparisons. **Results:** In both materials, the highest microhardness and flexural strength values were observed in the control group, followed by the Coca-Cola® and coffee groups. Coffee produced the lowest values for both evaluated properties. For microhardness, IPS e.max® CAD showed higher values than Deprag C14 Glass Ceramic under all three evaluated conditions. Statistical analysis showed significant effects of material and immersion medium on microhardness, whereas flexural strength was mainly associated with the immersion medium. **Conclusions:** Immersion in coffee and Coca-Cola® influenced the microhardness and flexural strength of the two CAD/CAM lithium disilicate materials evaluated. Coffee showed descriptively lower values for both properties compared with Coca-Cola®. IPS e.max® CAD showed higher microhardness values under all conditions, whereas changes in flexural strength were mainly related to the immersion medium rather than the commercial brand.

Keywords: lithium disilicate; microhardness; flexural strength; CAD/CAM; commonly consumed beverages.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.1. Planteamiento del problema.....	14
1.2. Formulación del problema	15
1.3. Objetivo de la investigación.....	15
1.3.1. Objetivo general.....	15
1.3.2. Objetivos específicos	16
1.4. Justificación	16
1.5. Definición de términos básicos	17
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LA LITERATURA	19
2.1. Antecedentes de la investigación	19
2.1.1. Internacionales	19
2.1.2. Nacionales.....	24
2.1.3. Locales	25
2.2. Marco teórico	26
2.2.1. Sistemas CAD/CAM	26
2.2.1.1. Aplicaciones en odontología restauradora.....	27
2.2.1.2. Materiales CAD/CAM de disilicato de litio	27
2.2.2. Bebidas de uso cotidiano como medios de exposición.....	31
2.2.2.1. Bebidas carbonatadas	32
2.2.2.2. Bebidas estimulantes	34
2.2.3. Propiedades fisicomecánicas de los materiales CAD/CAM.....	36

2.2.3.1. Microdureza.....	36
2.2.3.2. Resistencia a la flexión	37
2.2.4. Microestructura y desempeño mecánico	38
2.2.4.1. Microestructura del disilicato de litio CAD/CAM	38
2.2.4.2. Degradación superficial y desempeño mecánico.....	40
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS, VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	42
3.1. Hipótesis	42
3.2. Operacionalización de variables	43
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	45
4.1. Diseño de investigación	45
4.2. Ámbito de estudio	45
4.3. Población y muestra.....	46
4.4. Técnica de muestreo y asignación experimental	47
4.5. Criterios de selección.....	47
4.5.1. Criterios de inclusión	47
4.5.2. Criterios de exclusión	48
4.5.3. Criterios de eliminación.....	48
4.6. Variables del estudio.....	48
4.7. Materiales, instrumentos, equipos e insumos	48
4.8. Procedimiento experimental	50
4.8.1. Preparación y acondicionamiento de especímenes	50
4.8.2. Distribución de grupos experimentales	51

4.8.3. Proceso de inmersión	51
4.8.4. Ensayo de microdureza	52
4.8.5. Ensayo de resistencia a la flexión	52
4.8.6. Registro y organización de datos	53
CAPÍTULO V: PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS	55
5.1. Análisis estadístico	55
5.2. Consideraciones éticas	56
RESULTADOS	58
DISCUSIÓN	63
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS	69
ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	43
Tabla 2. Materiales, instrumentos, equipos e insumos empleados en el estudio.....	49
Tabla 3. Resumen del procedimiento experimental	53
Tabla 4. Resumen del análisis estadístico	56
Tabla 5. Microdureza Vickers y resistencia a la flexión (media $\pm$ DE) según material y medio de inmersión.	58
Tabla 6. ANOVA de dos factores para microdureza y resistencia a la flexión.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de especímenes.....	47
Figura 2. Comparaciones múltiples de microdureza Vickers según material y medio de inmersión.	61
Figura 3. Comparaciones múltiples de resistencia a la flexión según material y medio de inmersión.	62

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la odontología restauradora ha incorporado progresivamente los sistemas de diseño y manufactura asistidos por computadora, conocidos como CAD/CAM, debido a su capacidad para mejorar la precisión, la estandarización y la eficiencia en la elaboración de restauraciones indirectas. Esta tecnología ha permitido optimizar diversos procedimientos clínicos y de laboratorio, además de favorecer el uso de materiales cerámicos con propiedades funcionales y estéticas adecuadas para las demandas actuales de la práctica restauradora (1,2).

Dentro de los materiales cerámicos utilizados en sistemas CAD/CAM, el disilicato de litio ocupa un lugar destacado. Su empleo se ha consolidado por la combinación de resistencia mecánica, estabilidad química y características ópticas favorables, aspectos que permiten su aplicación en distintas restauraciones indirectas (2). Estas propiedades han contribuido a que sea considerado una alternativa frecuente dentro de la odontología restauradora contemporánea, especialmente cuando se busca un equilibrio entre desempeño clínico y resultado estético.

Sin embargo, el comportamiento del disilicato de litio no depende únicamente de sus propiedades iniciales. Una vez instalado en la cavidad oral, este material se encuentra expuesto a condiciones químicas variables, relacionadas con los hábitos alimentarios y el consumo frecuente de bebidas de uso cotidiano. En este sentido, bebidas como el café y la Coca-Cola® pueden representar un desafío para la estabilidad superficial y mecánica de los materiales restauradores, debido a su composición, acidez, potencial pigmentante y tiempo de contacto con la superficie del biomaterial. La evidencia experimental ha señalado que determinados medios erosivos y bebidas de consumo habitual pueden producir alteraciones en materiales procesados mediante tecnología CAD/CAM (3,4).

De este modo, la evaluación de la microdureza y de la resistencia a la flexión resulta relevante para comprender el posible deterioro del material. La microdureza permite identificar cambios superficiales tempranos, los cuales pueden aparecer como consecuencia de la interacción del material con agentes

químicos externos. Por otro lado, la resistencia a la flexión permite valorar si dichas alteraciones pueden comprometer la capacidad estructural del biomaterial frente a las cargas funcionales. Ambas variables ofrecen información complementaria sobre la estabilidad mecánica del disilicato de litio CAD/CAM frente a bebidas de uso cotidiano (3,4).

Diversos estudios respaldan la importancia de analizar este fenómeno. Elraggal et al. reportaron que los medios erosivos pueden disminuir la microdureza y afectar la tenacidad a la fractura de materiales dentales CAD/CAM (3). Por otro lado, Alencar-Silva et al. observaron que soluciones de bebidas y el cepillado modifican la rugosidad superficial, la microdureza y la susceptibilidad a la pigmentación de una cerámica vítrea CAD/CAM de disilicato de litio (4). Asimismo, Cruz et al. demostraron que el jugo gástrico simulado altera características superficiales de materiales monolíticos CAD/CAM (5), mientras que Colombo et al. encontraron diferencias en la microdureza de distintos materiales restauradores tras la exposición a una bebida ácida (6). Además, Tavares et al. mostraron que dos cerámicas CAD/CAM reforzadas con disilicato de litio pueden presentar diferencias microestructurales y mecánicas relevantes, lo que indica que materiales de una misma familia no necesariamente responden de forma equivalente (7).

A pesar de estos aportes, la evidencia sigue siendo limitada cuando se trata de comparar de manera directa marcas comerciales de disilicato de litio CAD/CAM expuestas a bebidas de uso cotidiano, especialmente en relación con la microdureza y la resistencia a la flexión (3–7). Esta ausencia de evidencia comparativa limita la comprensión del comportamiento mecánico de estos materiales frente a un mismo desafío químico. Por ello, resulta necesario estudiar si distintas marcas comerciales de disilicato de litio presentan respuestas semejantes o diferentes ante la exposición a bebidas habituales. Por lo expuesto, el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de bebidas de uso cotidiano, como café y Coca-Cola®, sobre la microdureza y la resistencia a la flexión de dos marcas comerciales de disilicato de litio CAD/CAM.

CAPÍTULO I:

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La incorporación de los sistemas de diseño y manufactura asistidos por computadora (CAD/CAM) ha favorecido el uso de materiales cerámicos con propiedades funcionales y estéticas adecuadas para la odontología restauradora contemporánea (1). Dentro de estos materiales, el disilicato de litio ocupa una posición relevante por su estabilidad química, su resistencia mecánica y su comportamiento clínico favorable en restauraciones indirectas elaboradas mediante esta tecnología (2).

Sin embargo, el desempeño del disilicato de litio no depende únicamente de sus propiedades iniciales. Su comportamiento también puede verse modificado por factores químicos del medio oral, entre ellos la exposición repetida a bebidas de uso cotidiano con potencial erosivo, como el café y la Coca-Cola®. Se ha reportado que los medios erosivos pueden alterar la microdureza y comprometer el comportamiento mecánico de materiales restauradores CAD/CAM (3). En una cerámica vítrea CAD/CAM de disilicato de litio, también se ha observado que soluciones de bebidas y el cepillado pueden modificar la rugosidad superficial, la microdureza y la susceptibilidad a la pigmentación (4). Asimismo, la Coca-Cola® ha sido señalada como una bebida capaz de disminuir la microdureza y aumentar la rugosidad superficial de materiales restauradores expuestos de forma prolongada (8). De manera complementaria, el café y la Coca-Cola® ya han sido utilizados como medios de inmersión en estudios con disilicato de litio CAD/CAM, lo que respalda su pertinencia como desafío químico en este campo (9). Además, en cerámicas avanzadas basadas en disilicato de litio, el café ha mostrado efectos sobre propiedades como la estabilidad del color y la resistencia biaxial a la flexión, lo que refuerza su relevancia como agente de exposición en estudios experimentales (10).

A pesar de estos antecedentes, la evidencia continúa siendo limitada cuando se trata de comparar de manera directa marcas comerciales de disilicato de litio CAD/CAM sometidas a condiciones experimentales equivalentes. Esta

limitación resulta importante porque no debe asumirse que materiales pertenecientes a la misma familia cerámica presenten una respuesta mecánica equivalente frente a un mismo desafío químico. De hecho, se ha informado que dos cerámicas CAD/CAM reforzadas con disilicato de litio pueden presentar diferencias microestructurales y mecánicas relevantes (7). En la misma línea, se ha señalado que la microestructura interna de los materiales CAD/CAM influye directamente en su comportamiento mecánico y en su durabilidad (11). Asimismo, en materiales monolíticos CAD/CAM se han descrito cambios superficiales frente al jugo gástrico simulado (5), y también se han encontrado diferencias en la microdureza de materiales restauradores CAD/CAM después de la exposición a una bebida ácida (6).

En ese contexto, la laguna específica de conocimiento no radica en establecer si las bebidas de uso cotidiano pueden afectar materiales restauradores en general, sino en precisar cómo responden dos marcas comerciales de disilicato de litio CAD/CAM, IPS e.max® CAD y Deprag C14 Glass Ceramic, cuando son expuestas a café y Coca-Cola® bajo un mismo diseño experimental. Esta comparación resulta relevante porque permite evaluar si dichas bebidas modifican la microdureza y la resistencia a la flexión de estos materiales, así como determinar si ambas marcas presentan un comportamiento semejante o diferente frente al mismo medio de inmersión.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de dos bebidas de uso cotidiano sobre la microdureza y la resistencia a la flexión de dos marcas comerciales de disilicato de litio CAD/CAM?

1.3. Objetivo de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de bebidas de uso cotidiano, como café y Coca-Cola®, sobre la microdureza y la resistencia a la flexión de dos marcas comerciales de disilicato de litio CAD/CAM.

1.3.2. Objetivos específicos

- Medir la microdureza y la resistencia a la flexión de Deprag C14 Glass Ceramic e IPS e.max® CAD sin inmersión en bebidas.
- Evaluar la microdureza y la resistencia a la flexión de Deprag C14 Glass Ceramic e IPS e.max® CAD tras la inmersión en café.
- Evaluar la microdureza y la resistencia a la flexión de Deprag C14 Glass Ceramic e IPS e.max® CAD tras la inmersión en Coca-Cola®.
- Comparar la microdureza y la resistencia a la flexión de Deprag C14 Glass Ceramic e IPS e.max® CAD según el medio de inmersión: sin inmersión, café y Coca-Cola®.

1.4. Justificación

Desde el punto de vista teórico, esta investigación aporta evidencia comparativa sobre el comportamiento de dos marcas comerciales de disilicato de litio CAD/CAM frente a bebidas de uso cotidiano con potencial de modificar sus propiedades mecánicas. Su valor radica en que aborda dos propiedades relevantes para el desempeño clínico de estos biomateriales: la microdureza y la resistencia a la flexión. Además, permite analizar un problema específico en el que no basta con extrapolar resultados obtenidos en otros materiales ni asumir que todas las cerámicas de disilicato de litio presentan una respuesta equivalente frente a los mismos medios de inmersión (5,6,7). La literatura ha señalado que la organización microestructural de los materiales CAD/CAM puede influir en su comportamiento mecánico, lo que refuerza la pertinencia de una evaluación comparativa entre materiales comercialmente distintos (11).

Desde el punto de vista metodológico, el estudio permite analizar de manera ordenada el efecto de dos bebidas de uso cotidiano sobre dos propiedades fisicomecánicas de interés odontológico. La inclusión de un grupo sin inmersión permite establecer una referencia comparativa frente a los grupos expuestos a café y Coca-Cola®. Asimismo, el uso de dos marcas comerciales y dos ensayos mecánicos permite obtener una visión más amplia del comportamiento del material, diferenciando la respuesta superficial evaluada mediante microdureza y la respuesta estructural evaluada mediante resistencia a la flexión.

Desde la perspectiva clínica, la investigación resulta pertinente porque el café y la Coca-Cola® son bebidas de consumo habitual que pueden entrar en contacto frecuente con restauraciones indirectas en la cavidad oral. La evidencia ha mostrado que los medios erosivos pueden afectar la microdureza de materiales CAD/CAM (3), que las soluciones de bebidas pueden modificar la superficie y la microdureza del disilicato de litio (4), y que la exposición a Coca-Cola® puede comprometer propiedades de materiales restauradores (8). Del mismo modo, el uso de café y Coca-Cola® como medios de inmersión en cerámicas de disilicato de litio CAD/CAM respalda su pertinencia como desafío químico dentro de este estudio (9). Además, se ha informado que los medios ácidos pueden afectar la resistencia a la flexión y la fatiga de materiales CAD/CAM, incluido el disilicato de litio, lo que refuerza la relevancia clínica de valorar esta variable en un diseño comparativo como el presente (12).

En consecuencia, conocer cómo responden dos marcas comerciales frente a estas bebidas puede contribuir a una selección más fundamentada del biomaterial restaurador, especialmente en pacientes con consumo frecuente de café o bebidas carbonatadas. Esta información no reemplaza la evaluación clínica individual, pero aporta datos experimentales útiles para comprender el posible comportamiento mecánico del disilicato de litio CAD/CAM frente a condiciones de exposición repetida.

Desde el punto de vista académico e institucional, esta investigación constituye un aporte a la línea de biomateriales dentales e innovación tecnológica de la Escuela Profesional de Odontología de la Universidad Privada de Tacna. Asimismo, puede servir como base para estudios posteriores orientados a profundizar en la respuesta mecánica de materiales restauradores bajo condiciones que simulan desafíos químicos del entorno oral.

1.5. Definición de términos básicos

- CAD/CAM: tecnología de diseño y manufactura asistidos por computadora utilizada para la elaboración de restauraciones dentales

indirectas mediante un flujo digital que busca mayor precisión y estandarización en la fase clínica y de laboratorio (1).

- Disilicato de litio CAD/CAM: cerámica vítrea reforzada utilizada en odontología restauradora por su adecuada combinación de resistencia mecánica, estabilidad química y propiedades estéticas, presentada en bloques procesables mediante sistemas CAD/CAM (2).
- Microdureza: propiedad mecánica que expresa la resistencia de un material a la deformación superficial producida por una carga puntual aplicada sobre su superficie; en este estudio se evaluó mediante el ensayo Vickers (6).
- Resistencia a la flexión: propiedad mecánica que expresa la capacidad de un material para soportar carga antes de fracturarse cuando es sometido a esfuerzo de flexión; en este estudio se evaluó mediante una prueba de flexión en tres puntos (7).
- Bebidas de uso cotidiano: líquidos de consumo frecuente que pueden entrar en contacto con los materiales restauradores en la cavidad oral. En este estudio se consideraron café y Coca-Cola® como medios de inmersión.
- Medio de inmersión: sustancia o condición a la que fue expuesto cada espécimen durante el estudio. Comprendió tres grupos: café, Coca-Cola® y control sin inmersión.
- Marca comercial del disilicato de litio CAD/CAM: variable categórica correspondiente al tipo de material cerámico utilizado en el estudio, identificado como IPS e.max® CAD o Deprag C14 Glass Ceramic.
- Grupo control: conjunto de especímenes no sometidos a inmersión en bebidas, utilizado como referencia comparativa.
- ANOVA de dos factores: análisis estadístico empleado para evaluar el efecto de la marca comercial y el medio de inmersión sobre las variables principales del estudio, así como su posible interacción.

CAPÍTULO II:

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacionales

La evidencia internacional disponible respalda que las bebidas de uso cotidiano y los medios erosivos pueden modificar propiedades superficiales y mecánicas de materiales restauradores procesados mediante tecnología CAD/CAM. En este contexto, diversos estudios han evaluado la microdureza, la rugosidad superficial, la resistencia a la flexión, la fatiga y otros parámetros mecánicos en cerámicas y materiales CAD/CAM sometidos a medios químicos. Estos antecedentes permiten comprender el comportamiento del disilicato de litio frente a condiciones de exposición que pueden simular desafíos presentes en la cavidad oral.

Elraggal A, Afifi R, Abdelraheem I. Effect of erosive media on microhardness and fracture toughness of CAD-CAM dental materials. BMC Oral Health. 2022;22:191. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35590294/> (3)

El estudio evaluó el efecto de medios erosivos sobre la microdureza y la tenacidad a la fractura de materiales dentales CAD/CAM. Los autores sometieron diferentes materiales restauradores a condiciones de exposición química y analizaron los cambios producidos en sus propiedades mecánicas. Los resultados evidenciaron que los medios erosivos pueden disminuir la microdureza y afectar la resistencia del material frente a la propagación de fracturas.

Alencar-Silva FJ, Barreto JO, Negreiros WA, Silva PGB, Pinto-Fiamengui LMS, Regis RR. Effect of beverage solutions and toothbrushing on the surface roughness, microhardness, and color stainability of a vitreous CAD-CAM lithium disilicate ceramic. J Prosthet Dent. 2019;121(4):711.e1-711.e6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30929660/> (4)

El estudio analizó el efecto de soluciones de bebidas y del cepillado sobre la

rugosidad superficial, la microdureza y la susceptibilidad a la pigmentación de una cerámica vítrea CAD/CAM de disilicato de litio. Los resultados mostraron que la exposición a bebidas puede modificar la superficie del material y alterar su comportamiento superficial. Además, la microdureza se identificó como una propiedad sensible para detectar cambios producidos por la interacción entre el material y los medios de exposición.

Cruz MEM, Simões R, Martins SB, Trindade FZ, Dovigo LN, Fonseca RG. Influence of simulated gastric juice on surface characteristics of CAD-CAM monolithic materials. J Prosthet Dent. 2020;123(3):483-490. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31383520/> (5)

Los autores evaluaron la influencia del jugo gástrico simulado sobre las características superficiales de materiales monolíticos CAD/CAM. El estudio demostró que un medio químico agresivo puede producir alteraciones superficiales en materiales restauradores, incluso antes de que se evidencien fallas estructurales visibles. Aunque el medio evaluado no correspondió a una bebida de consumo cotidiano, sus resultados aportan evidencia sobre la susceptibilidad de los materiales CAD/CAM frente a ambientes ácidos.

Colombo M, Poggio C, Lasagna A, Chiesa M, Scribante A. Vickers micro-hardness of new restorative CAD/CAM dental materials: evaluation and comparison after exposure to acidic drink. Materials (Basel). 2019;12(8):1246. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31014032/> (6)

El estudio comparó la microdureza Vickers de nuevos materiales restauradores CAD/CAM después de la exposición a una bebida ácida. Los autores observaron cambios en la microdureza posterior al contacto con el medio ácido, con respuestas diferentes según el tipo de material evaluado. Estos resultados muestran que la exposición ácida puede afectar la superficie de los biomateriales restauradores y que la magnitud del efecto depende de la composición y estructura de cada material.

Tavares LN, Zancopé K, Silva ACA, Raposo LHA, Soares CJ, Neves FD. Microstructural and mechanical analysis of two CAD-CAM lithium disilicate glass-reinforced ceramics. Braz Oral Res. 2020;34:e004. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32022223/> (7)

El estudio realizó un análisis microestructural y mecánico de dos cerámicas CAD/CAM reforzadas con disilicato de litio. Los autores encontraron diferencias entre los materiales evaluados, tanto a nivel microestructural como mecánico. Estos hallazgos evidencian que los materiales pertenecientes a una misma familia cerámica no necesariamente presentan un comportamiento equivalente, debido a variaciones en su composición, procesamiento y organización interna.

Madrid-Troconis CC, Molina-Pérez S, Redondo-Rico ML. Efectos de la bebida Coca-Cola® en los tejidos dentales duros, materiales restauradores y aditamentos ortodónticos: estado del arte. Rev Fac Odontol Univ Antioq. 2025;37(1). Disponible en: <https://doi.org/10.17533/udea.rfo.v37n1e357892> (8)

La revisión analizó los efectos de la Coca-Cola® sobre tejidos dentales duros, materiales restauradores y aditamentos ortodónticos. Los autores describieron que la exposición prolongada a esta bebida puede producir alteraciones como disminución de la dureza, incremento de la rugosidad superficial, cambios en la solubilidad y modificaciones en el comportamiento de diferentes biomateriales. Este antecedente respalda el uso de Coca-Cola® como medio de exposición con potencial erosivo en estudios experimentales odontológicos.

Al Wadei MHD. Comparison of the Degree of Staining of Computer-Aided Design-Computer-Aided Manufacture (CAD-CAM) Ceramic Veneers by Green Tea, Coffee, and Coca-Cola Using a Digital Spectrophotometer. Med Sci Monit. 2023;29:e939341. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36747464/> (9)

El estudio comparó el grado de tinción de carillas cerámicas CAD/CAM expuestas a diferentes bebidas, entre ellas té verde, café y Coca-Cola®, mediante espectrofotometría digital. Aunque la variable principal fue el cambio de color, el estudio resulta relevante porque empleó café y Coca-Cola® como medios de inmersión en cerámicas CAD/CAM. Esto permite sustentar la pertinencia experimental de ambas bebidas como agentes de exposición en investigaciones sobre materiales cerámicos.

Demirel M, Türksayar AAD, Donmez MB. Translucency, color stability, and biaxial flexural strength of advanced lithium disilicate ceramic after coffee thermocycling. J Esthet Restor Dent. 2023;35(2):390-396. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36057856/> (10)

El estudio evaluó la translucidez, la estabilidad del color y la resistencia biaxial a la flexión de una cerámica avanzada basada en disilicato de litio después de termociclado en café. Los resultados mostraron que la exposición al café puede modificar propiedades ópticas y mecánicas del material. Este antecedente permite considerar al café no solo como un agente pigmentante, sino también como un medio capaz de influir en el comportamiento mecánico de cerámicas basadas en disilicato de litio.

Prause E, Hey J, Beuer F, Yassine J, Hesse B, Weitkamp T, Gerber J, Schmidt F. Microstructural investigation of hybrid CAD/CAM restorative dental materials by micro-CT and SEM. arXiv [Preprint]. 2023. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2308.07341> (11)

Los autores investigaron la microestructura de materiales restauradores CAD/CAM mediante microtomografía computarizada y microscopía electrónica de barrido. El estudio evidenció diferencias en la homogeneidad interna, distribución de componentes y defectos microestructurales entre materiales CAD/CAM. Aunque se trata de un preprint y no de un artículo centrado exclusivamente en disilicato de litio, sus hallazgos aportan una base conceptual para comprender cómo la microestructura puede influir en el comportamiento

mecánico de los biomateriales.

Elraggal A, Afifi RR, Alamoush RA, Abdel Raheem I, Watts DC. Effect of acidic media on flexural strength and fatigue of CAD-CAM dental materials. Dent Mater. 2023;39(1):57-69. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36496258/> (12)

El estudio evaluó el efecto de medios ácidos sobre la resistencia a la flexión y la fatiga de materiales dentales CAD/CAM. Los autores reportaron que la exposición a medios ácidos puede comprometer propiedades estructurales de estos materiales, incluido el comportamiento de cerámicas CAD/CAM. Este antecedente se relaciona directamente con una de las variables principales del presente estudio, debido a que analiza la resistencia a la flexión frente a condiciones químicas desfavorables.

Freitas JS, Souza LFB, Pereira GKR, May LG. Surface properties and flexural fatigue strength of an advanced lithium disilicate. J Mech Behav Biomed Mater. 2023;147:106154. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37804677/> (13)

El estudio analizó propiedades superficiales y resistencia a la fatiga flexural de una cerámica avanzada de disilicato de litio. Los autores observaron que el comportamiento mecánico del material está relacionado tanto con su condición superficial como con características intrínsecas del biomaterial. Aunque no empleó bebidas como medio de inmersión, sus resultados permiten comprender la relación entre superficie, microestructura y desempeño mecánico en materiales basados en disilicato de litio.

En conjunto, los antecedentes internacionales muestran que las bebidas de uso cotidiano, los medios ácidos y otros agentes erosivos pueden alterar propiedades superficiales y mecánicas de materiales CAD/CAM. Además, evidencian que la microdureza y la resistencia a la flexión son variables útiles para evaluar la estabilidad del biomaterial frente a desafíos químicos. Sin embargo, la evidencia

todavía es limitada cuando se trata de comparar directamente dos marcas comerciales de disilicato de litio CAD/CAM sometidas a café, Coca-Cola® y grupo control, con evaluación simultánea de microdureza y resistencia a la flexión. Esta laguna específica sustenta la necesidad del presente estudio.

2.1.2. Nacionales

En el contexto nacional, la evidencia relacionada con disilicato de litio se ha orientado principalmente a aplicaciones clínicas, reportes restauradores, adaptación marginal y resistencia a la fractura en diseños restauradores específicos. No se identificaron estudios peruanos que reproduzcan de manera directa el diseño del presente trabajo, es decir, la comparación entre dos marcas comerciales de disilicato de litio CAD/CAM sometidas a café, Coca-Cola® y grupo control, con evaluación de microdureza y resistencia a la flexión.

Maita-Castañeda LM, Maita-Véliz L, Ramos-Perfecto D, Luque-Peralta S. Resistencia a la fractura de endocrown en molares utilizando diferentes materiales CAD/CAM: una revisión narrativa de estudios in vitro. Kiru. 2025;22(2):112-120. Disponible en: <https://doi.org/10.24265/kiru.2025.v22n2.06> (14)

La revisión analizó la resistencia a la fractura de endocrowns en molares utilizando diferentes materiales CAD/CAM. Los autores describieron que los materiales cerámicos, entre ellos el disilicato de litio, presentan un desempeño mecánico favorable en restauraciones indirectas tipo endocrown. Aunque el estudio no evaluó bebidas ni microdureza, aporta un antecedente nacional sobre la valoración mecánica de materiales CAD/CAM empleados en odontología restauradora.

Coronel Gamarra JA, Gomez Viveros NK, Mendonça EMJ. Rehabilitación del sector anterior con disilicato de litio. Rev Estomatol Herediana. 2023;33(1):76-82. Disponible en: <https://doi.org/10.20453/reh.v33i1.4438> (15)

El estudio presentó la rehabilitación del sector anterior mediante restauraciones de disilicato de litio. Los autores destacaron el uso clínico de este material por sus propiedades estéticas y funcionales en odontología restauradora. Si bien se trata de un antecedente clínico y no experimental, permite contextualizar la presencia del disilicato de litio en la práctica odontológica nacional.

En síntesis, los antecedentes nacionales confirman la relevancia clínica y restauradora del disilicato de litio en el contexto peruano. No obstante, su relación con el presente estudio es indirecta, debido a que no evalúan la exposición a bebidas de uso cotidiano ni analizan simultáneamente microdureza y resistencia a la flexión en marcas comerciales de disilicato de litio CAD/CAM. Por ello, el presente estudio aporta evidencia experimental en un campo aún poco explorado a nivel nacional.

2.1.3. Locales

En el ámbito local, la evidencia disponible sobre disilicato de litio es limitada y se orienta principalmente a la evaluación de aspectos clínicos o protésicos, como la adaptación marginal. No se identificaron estudios en Tacna que evalúen el efecto de café y Coca-Cola® sobre la microdureza y la resistencia a la flexión de dos marcas comerciales de disilicato de litio CAD/CAM. Por tanto, los antecedentes locales permiten contextualizar el uso del material, pero no resuelven directamente la laguna específica del presente estudio.

Cruz Ayala MFR. Evaluación de la adaptación marginal de carillas oclusales de disilicato de litio (técnica CAD/CAM vs. técnica inyectada). Tacna, 2020 [tesis para optar el título profesional de Cirujano Dentista]. Tacna: Universidad Privada de Tacna; 2023. Disponible en: <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2775> (16)

El estudio tuvo como objetivo determinar las diferencias en la adaptación marginal de carillas oclusales de disilicato de litio elaboradas mediante técnica

CAD/CAM y técnica inyectada. La muestra estuvo conformada por 20 premolares, distribuidos aleatoriamente en dos grupos de 10 especímenes: un grupo restaurado mediante técnica CAD/CAM y otro mediante técnica inyectada. La medición de la interfase entre la carilla y el margen de la preparación dentaria se realizó mediante microscopio digital. Los resultados mostraron que las carillas elaboradas mediante técnica CAD/CAM presentaron una adaptación marginal más favorable; sin embargo, la diferencia estadísticamente significativa solo se observó en la zona distal.

El antecedente local evidencia el interés académico de la Universidad Privada de Tacna por el estudio del disilicato de litio y por la comparación de técnicas restauradoras que incluyen CAD/CAM. Sin embargo, su relación con el presente estudio es indirecta, debido a que evaluó adaptación marginal de carillas oclusales y no propiedades fisicomecánicas como microdureza o resistencia a la flexión. Esta ausencia de antecedentes locales directamente comparables refuerza la pertinencia del presente estudio, orientado a evaluar el comportamiento de dos marcas comerciales de disilicato de litio CAD/CAM frente a bebidas de uso cotidiano.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Sistemas CAD/CAM

Los sistemas CAD/CAM corresponden a tecnologías de diseño y manufactura asistidos por computadora aplicadas a la odontología restauradora. El componente CAD permite realizar el diseño digital de una restauración, mientras que el componente CAM permite transformar dicho diseño en una estructura física mediante procesos de fresado o mecanizado. Esta tecnología ha permitido incorporar materiales restauradores prefabricados con composición controlada, propiedades mecánicas definidas y mayor estandarización en la elaboración de restauraciones indirectas.

En odontología, los sistemas CAD/CAM se relacionan con el desarrollo de restauraciones elaboradas a partir de bloques cerámicos, resinosos, híbridos o policristalinos. Cada grupo de materiales presenta características propias de

resistencia, dureza, estabilidad superficial, comportamiento óptico, capacidad de procesamiento y respuesta frente a las condiciones del medio oral. Por ello, la selección del material CAD/CAM depende de la indicación restauradora, la zona anatómica, las cargas funcionales esperadas y los requerimientos estéticos del caso (17).

2.2.1.1. Aplicaciones en odontología restauradora

En odontología restauradora, los sistemas CAD/CAM se emplean para la confección de coronas, carillas, incrustaciones, endocoronas, carillas oclusales, restauraciones implantoportadas y prótesis parciales fijas de corta extensión. Su aplicación permite reproducir diseños anatómicos previamente planificados y fabricar restauraciones a partir de bloques industriales con características controladas.

Las restauraciones anteriores suelen requerir materiales con adecuada translucidez, estabilidad cromática, brillo superficial y capacidad de integración estética. En cambio, las restauraciones posteriores demandan mayor resistencia estructural, estabilidad frente a cargas masticatorias, resistencia al desgaste y comportamiento mecánico favorable. Por esta razón, los materiales cerámicos CAD/CAM deben analizarse desde su composición, microestructura, procesamiento y propiedades fisicomecánicas.

El uso de bloques prefabricados permite que el material restaurador tenga una composición más homogénea y una estructura más controlada que otros procedimientos dependientes de manipulación manual. Sin embargo, el comportamiento final de la restauración no depende únicamente del sistema de fabricación, sino también del tipo de material, el tratamiento térmico, el acabado superficial, el pulido y las condiciones químicas o mecánicas a las que será expuesto.

2.2.1.2. Materiales CAD/CAM de disilicato de litio

El disilicato de litio CAD/CAM es una cerámica vítrea reforzada perteneciente al grupo de los materiales cerámicos basados en litio. Su estructura combina una

matriz vítrea con cristales de disilicato de litio distribuidos en su interior. Esta organización microestructural permite obtener un equilibrio entre propiedades ópticas y resistencia mecánica, lo que explica su uso frecuente en restauraciones indirectas.

Las cerámicas vítreas basadas en litio presentan propiedades influenciadas por la composición química, el tamaño de los cristales, la distribución cristalina, la proporción entre fase vítrea y fase cristalina, el tratamiento térmico y la presencia de defectos internos. La resistencia mecánica de estos materiales depende de la capacidad de su microestructura para limitar la propagación de grietas y distribuir tensiones durante la carga funcional (18).

El disilicato de litio CAD/CAM puede emplearse en restauraciones unitarias anteriores y posteriores, carillas, incrustaciones, coronas parciales y restauraciones con requerimientos estéticos elevados. Su desempeño se relaciona con la estabilidad de la matriz vítrea, el refuerzo de la fase cristalina y la calidad del acabado superficial. Por ello, aunque diferentes materiales puedan pertenecer a la misma familia cerámica, no necesariamente presentan un comportamiento idéntico.

A. IPS e.max® CAD

a. Composición y características generales

IPS e.max® CAD es una cerámica vítrea de disilicato de litio fabricada por Ivoclar Vivadent, Liechtenstein. Según la información técnica del fabricante, se presenta como bloques CAD/CAM precristalizados destinados al fresado de restauraciones indirectas.

Su composición incluye principalmente dióxido de silicio y óxido de litio, además de otros óxidos como óxido de potasio, óxido de magnesio, óxido de aluminio y pentóxido de fósforo. Estos componentes intervienen en la formación de la matriz vítrea, el desarrollo de la fase cristalina, la estabilidad térmica y las propiedades ópticas del material.

La estructura del material combina una fase vítrea con cristales de disilicato de litio. La fase vítrea contribuye a la translucidez y al comportamiento estético, mientras que la fase cristalina participa en la resistencia mecánica y en la limitación de la propagación de grietas. Esta relación entre matriz y cristales explica su uso en restauraciones que requieren equilibrio entre estética y resistencia.

b. Presentación y procesamiento

IPS e.max® CAD se comercializa en bloques para sistemas CAD/CAM, en diferentes tonalidades y grados de translucidez. Estas presentaciones permiten seleccionar el material según el tipo de restauración, el espesor disponible, la tonalidad del sustrato y la exigencia estética.

El material se fresa inicialmente en una fase precristalizada, caracterizada por una coloración azulada y una resistencia menor, lo que facilita el mecanizado. Después del fresado, requiere un proceso de cristalización térmica. Durante este tratamiento se desarrolla la microestructura definitiva, aumenta la resistencia mecánica y se estabilizan las propiedades ópticas.

La cristalización es una etapa esencial porque modifica la organización interna del material. En esta fase se produce el crecimiento y consolidación de los cristales de disilicato de litio dentro de la matriz vítrea, lo que permite alcanzar las propiedades finales del bloque cerámico.

c. Acabado, pulido y caracterización

El acabado y pulido de IPS e.max® CAD se realiza mediante sistemas compatibles con cerámicas vítreas. Ivoclar dispone de sistemas de acabado y pulido como OptraFine®, orientados a obtener una superficie lisa, brillante y clínicamente aceptable.

El pulido cumple una función relevante en el comportamiento superficial del material. Una superficie correctamente pulida presenta menor rugosidad, mejor estabilidad óptica y menor tendencia a la retención de pigmentos o residuos.

Además, la reducción de irregularidades superficiales disminuye zonas de concentración de tensiones que podrían favorecer la aparición de microdefectos.

El material también puede someterse a procedimientos de glaseado, maquillaje y caracterización superficial. Estos procedimientos permiten modificar la apariencia final de la restauración, mejorar la integración estética y ajustar detalles cromáticos o anatómicos.

B. Deprag C14 Glass Ceramic

a. Composición y características generales

Deprag C14 Glass Ceramic es una cerámica vítrea CAD/CAM basada en disilicato de litio, fabricada por Deprag Dental en Zhengzhou, provincia de Henan, China. Según la información técnica del fabricante, se presenta como bloques cerámicos para sistemas CAD/CAM, orientados a la elaboración de restauraciones indirectas.

Su composición reportada incluye principalmente dióxido de silicio y óxido de litio, además de óxido de zirconio, óxido de potasio y óxido de sodio. Estos componentes se relacionan con la formación de la matriz vítrea, la estabilidad química, la modificación de la estructura cerámica y el comportamiento mecánico del material.

Como cerámica vítrea reforzada, su comportamiento depende de la relación entre la matriz amorfa y la fase cristalina. La matriz vítrea participa en las propiedades ópticas, mientras que la fase cristalina proporciona refuerzo estructural. Esta combinación permite que el material sea utilizado en restauraciones que requieren adaptación al flujo digital y estabilidad mecánica.

b. Presentación y procesamiento

Deprag C14 Glass Ceramic se presenta en formato de bloque compatible con sistemas de fresado CAD/CAM. El formato C14 corresponde a una presentación utilizada para restauraciones indirectas de tamaño compatible con carillas, incrustaciones o coronas unitarias, según la indicación y el diseño restaurador.

Como cerámica vítrea mecanizable, su procesamiento depende de la compatibilidad con la unidad de fresado, la geometría del diseño, la estabilidad del bloque y el protocolo térmico indicado por el fabricante. El fresado permite obtener la forma restauradora diseñada digitalmente, mientras que el procesamiento térmico posterior contribuye a consolidar la estructura final del material.

El comportamiento final de este tipo de cerámica depende de la precisión del mecanizado, la integridad del bloque, el tratamiento térmico, el acabado y el pulido. Estos factores influyen en la superficie, en la estabilidad estructural y en la respuesta mecánica del material frente a cargas o medios de exposición.

c. Acabado, pulido y caracterización

El acabado y pulido de Deprag C14 Glass Ceramic debe realizarse con sistemas compatibles con cerámicas vítreas. El pulido permite disminuir la rugosidad superficial, mejorar el brillo, reducir defectos superficiales y limitar áreas de concentración de tensiones.

En materiales cerámicos, una superficie adecuadamente pulida favorece la estabilidad superficial y reduce la susceptibilidad a pigmentación, desgaste antagonista o acumulación de residuos. Además, el pulido contribuye a mejorar la respuesta del material frente a agentes químicos externos, ya que una superficie irregular puede facilitar la retención de sustancias pigmentantes o ácidas.

2.2.2. Bebidas de uso cotidiano como medios de exposición

Las bebidas de uso cotidiano son líquidos consumidos de manera frecuente que pueden entrar en contacto repetido con restauraciones dentales. Desde el punto de vista de los biomateriales, estas bebidas pueden actuar como medios de exposición química debido a su pH, acidez titulable, temperatura, composición orgánica, pigmentos, azúcares, ácidos y tiempo de contacto con la superficie restauradora.

Dentro de este grupo se incluyen bebidas carbonatadas, café, té, bebidas energéticas, bebidas deportivas, jugos cítricos y otras soluciones ácidas. Cada una de estas bebidas puede presentar un potencial distinto de interacción con los materiales restauradores. Las bebidas carbonatadas suelen relacionarse con medios ácidos; el café y el té con pigmentos, compuestos fenólicos y sustancias orgánicas; las bebidas energéticas y deportivas con ácidos y azúcares; y los jugos cítricos con acidez natural. Sin embargo, el efecto sobre los materiales no depende únicamente de la bebida, sino también de la composición, microestructura, acabado superficial y susceptibilidad propia del biomaterial.

En materiales CAD/CAM, la respuesta frente a medios de exposición no es uniforme. Las cerámicas vítreas, los materiales híbridos, las resinas CAD/CAM y las cerámicas policristalinas pueden comportarse de manera diferente frente a medios ácidos o pigmentantes. Esta variabilidad se relaciona con la matriz del material, la fase cristalina, el grado de homogeneidad, la rugosidad superficial y el tipo de procesamiento. Por ello, las bebidas de uso cotidiano constituyen un modelo útil para valorar la estabilidad superficial y mecánica de materiales restauradores bajo condiciones experimentales controladas (19).

La selección de Coca-Cola® y café como medios de inmersión responde a su frecuencia de consumo, disponibilidad, diferente naturaleza química y uso previo en investigaciones odontológicas. La Coca-Cola® representa una bebida carbonatada ácida, mientras que el café representa una bebida estimulante con composición orgánica compleja y potencial pigmentante. Esta diferencia permite contrastar dos medios de exposición cotidianos con mecanismos de interacción distintos frente al disilicato de litio CAD/CAM.

2.2.2.1. Bebidas carbonatadas

Las bebidas carbonatadas son líquidos que contienen dióxido de carbono disuelto y suelen presentar carácter ácido. Dentro de este grupo se encuentran bebidas como Pepsi, Coca-Cola® y otras gaseosas de consumo frecuente. Estas bebidas pueden contener ácidos, colorantes, azúcares y aditivos capaces de interactuar con tejidos dentarios y materiales restauradores.

Desde una perspectiva fisicoquímica, el potencial de estas bebidas para modificar una superficie restauradora depende de su acidez, capacidad buffer, composición y tiempo de exposición. En materiales cerámicos, la interacción puede producirse principalmente a nivel superficial, especialmente sobre la fase vítrea expuesta. La exposición repetida a bebidas carbonatadas puede favorecer cambios en rugosidad, brillo, estabilidad superficial y microdureza de algunos materiales restauradores.

A. Pepsi

Pepsi es una bebida carbonatada de consumo frecuente que comparte características generales con otras gaseosas, como presencia de dióxido de carbono, ácidos, azúcares, colorantes y aditivos. Desde el punto de vista de los biomateriales dentales, su importancia radica en que forma parte del grupo de bebidas carbonatadas capaces de entrar en contacto repetido con restauraciones en la cavidad oral.

Su mención permite contextualizar a las bebidas carbonatadas como una categoría amplia de exposición química cotidiana. Sin embargo, en este estudio no fue seleccionada como medio de inmersión, por lo que su desarrollo se mantiene de forma general y secundaria.

B. Coca-Cola®

La Coca-Cola® es una bebida carbonatada ampliamente consumida y utilizada como medio experimental en estudios odontológicos. Su relevancia se relaciona con su acidez, disponibilidad, frecuencia de consumo y capacidad para actuar como medio de exposición química. Además, ha sido descrita como una bebida capaz de modificar propiedades superficiales de materiales restauradores, como la microdureza y la rugosidad superficial (8).

En el contexto de los materiales cerámicos CAD/CAM, la Coca-Cola® permite representar un medio carbonatado ácido de uso cotidiano. Su selección se justifica porque puede funcionar como un desafío químico controlado para

evaluar la estabilidad superficial del disilicato de litio. Al entrar en contacto con la superficie cerámica, el medio ácido puede interactuar principalmente con la matriz vítrea expuesta, especialmente si existen irregularidades superficiales, defectos de pulido o zonas susceptibles a degradación.

Además, la Coca-Cola® ya ha sido empleada como medio de inmersión junto con el café en investigaciones sobre cerámicas CAD/CAM, lo que respalda su pertinencia experimental como bebida comparativa en estudios de materiales restauradores (9). Por ello, su inclusión permite valorar el efecto de una bebida carbonatada ácida sobre la microdureza y la resistencia a la flexión de materiales de disilicato de litio CAD/CAM.

2.2.2.2. Bebidas estimulantes

Las bebidas estimulantes son aquellas que contienen sustancias con efecto activador sobre el sistema nervioso central, principalmente cafeína u otros compuestos bioactivos. Dentro de este grupo se encuentran el té verde, el café y algunas bebidas energéticas. En odontología restauradora, estas bebidas son relevantes por su frecuencia de consumo, su potencial pigmentante y su posible interacción con materiales restauradores.

Aunque suelen asociarse con cambios de color, las bebidas estimulantes también pueden presentar acidez variable, compuestos orgánicos, pigmentos y sustancias capaces de interactuar con la superficie del material. Por ello, pueden ser consideradas medios de exposición relevantes para evaluar estabilidad superficial y comportamiento fisicomecánico.

A. Té verde

El té verde es una bebida estimulante de consumo frecuente que contiene cafeína, polifenoles, catequinas y otros compuestos orgánicos. Su interés odontológico se relaciona principalmente con su potencial pigmentante, su composición química y su contacto frecuente con restauraciones dentales.

Desde el punto de vista de los materiales restauradores, el té verde permite

contextualizar al grupo de bebidas estimulantes con compuestos orgánicos capaces de interactuar con superficies dentales o restauradoras. No obstante, en el presente marco se desarrolla de manera superficial porque no constituye una variable experimental del estudio.

B. Café

El café es una bebida estimulante de consumo frecuente que contiene cafeína, ácidos orgánicos, compuestos fenólicos, pigmentos y sustancias de composición variable según el tipo de grano, concentración, método de preparación y temperatura. Su contacto repetido con restauraciones dentales puede favorecer cambios superficiales, principalmente por pigmentación e interacción química con la superficie del biomaterial.

Su selección como medio de inmersión se justifica por tres razones principales. Primero, representa una bebida de consumo habitual y contacto frecuente con restauraciones indirectas. Segundo, posee una composición química compleja, distinta a la de una bebida carbonatada simple, debido a la presencia de compuestos orgánicos, sustancias pigmentantes y ácidos. Tercero, ha sido utilizado previamente como medio de exposición en estudios con cerámicas CAD/CAM, incluido el disilicato de litio (9).

En cerámicas vítreas como el disilicato de litio, el café puede actuar sobre la superficie del material no solo por pigmentación, sino también por interacción química prolongada. En materiales avanzados basados en disilicato de litio, se ha reportado que la exposición al café puede relacionarse con cambios en propiedades ópticas y mecánicas, incluida la resistencia biaxial a la flexión (10). Por ello, el café constituye un medio pertinente para evaluar la estabilidad superficial y estructural del disilicato de litio CAD/CAM frente a una bebida estimulante de uso cotidiano.

La comparación entre café y Coca-Cola® permite contrastar dos medios de exposición con naturaleza distinta: una bebida carbonatada ácida y una bebida estimulante con composición orgánica compleja. Esta diferencia permite analizar

si el comportamiento del material varía según el tipo de bebida y no únicamente por el hecho de estar expuesto a un medio líquido.

2.2.3. Propiedades fisicomecánicas de los materiales CAD/CAM

Las propiedades fisicomecánicas describen la respuesta de un material frente a fuerzas, cargas, deformaciones, desgaste, indentación, fatiga y exposición a medios externos. En odontología restauradora, estas propiedades permiten valorar el comportamiento de un biomaterial frente a las condiciones funcionales y químicas de la cavidad oral.

Entre las propiedades fisicomecánicas de interés se encuentran la dureza, microdureza, resistencia a la flexión, resistencia a la fractura, módulo elástico, tenacidad a la fractura, resistencia al desgaste, rugosidad superficial, resistencia a la fatiga y estabilidad superficial. La dureza y microdureza se relacionan con la resistencia superficial; la resistencia a la flexión y a la fractura con la capacidad estructural; el módulo elástico con la rigidez; la tenacidad con la resistencia a la propagación de grietas; y el desgaste con la pérdida progresiva de material por contacto funcional (20).

En materiales CAD/CAM, estas propiedades están condicionadas por la composición, la microestructura, el procesamiento industrial, el tratamiento térmico, el acabado superficial y el medio al que el material es expuesto. Por ello, la evaluación fisicomecánica permite comprender tanto el comportamiento superficial como la respuesta estructural del biomaterial.

2.2.3.1. Microdureza

La microdureza es una propiedad mecánica que expresa la resistencia de un material a la deformación localizada producida por una carga puntual sobre su superficie. En materiales restauradores, esta propiedad permite valorar la estabilidad superficial frente a indentación, abrasión, desgaste inicial y acción de medios químicos.

La microdureza depende de la composición del material, su microestructura,

matriz, fase cristalina, acabado superficial, tratamiento térmico y condiciones de exposición. En cerámicas vítreas, la matriz superficial y la distribución cristalina influyen en la resistencia frente a la penetración del indentador. Una reducción de la microdureza puede indicar alteración superficial, pérdida de estabilidad de la matriz o formación de irregularidades microscópicas.

El ensayo Vickers es uno de los métodos empleados para medir microdureza. Utiliza un indentador piramidal de diamante que se aplica sobre la superficie bajo una carga definida. Luego se miden las diagonales de la huella producida y se obtiene el valor de dureza. Esta técnica permite comparar la resistencia superficial entre materiales o entre condiciones experimentales.

En cerámicas de disilicato de litio, la microdureza se relaciona con la estabilidad de la superficie, la calidad del pulido y la resistencia de la matriz frente a la deformación localizada. Al tratarse de una propiedad superficial, puede ser sensible a medios de exposición que modifiquen la fase vítrea, generen irregularidades o alteren la textura del material.

2.2.3.2. Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión es la capacidad de un material para soportar una carga antes de fracturarse cuando es sometido a esfuerzos flexurales. En cerámicas dentales, esta propiedad es fundamental porque estos materiales presentan comportamiento frágil y su falla suele iniciarse en defectos superficiales o internos.

La resistencia a la flexión depende de la composición, microestructura, tamaño y distribución de cristales, presencia de poros, microfisuras, espesor, geometría, acabado superficial y condiciones de carga. En cerámicas vítreas reforzadas, la fase cristalina contribuye a limitar la propagación de grietas, mientras que los defectos pueden actuar como puntos de concentración de tensiones.

La prueba de flexión en tres puntos permite evaluar esta propiedad mediante la aplicación de una carga central sobre un espécimen apoyado en dos extremos. El

valor obtenido expresa la capacidad estructural del material frente a fuerzas flexurales. En materiales CAD/CAM, esta propiedad es útil para valorar el desempeño mecánico de cerámicas restauradoras sometidas a carga (21).

En el disilicato de litio CAD/CAM, la resistencia a la flexión está relacionada con la integridad de la estructura cerámica y con la capacidad de la fase cristalina para impedir o dificultar la propagación de grietas. Sin embargo, esta propiedad también puede verse influida por defectos superficiales generados durante el fresado, el acabado, el pulido o la exposición a medios químicos.

2.2.4. Microestructura y desempeño mecánico

La microestructura corresponde a la organización interna de un material. Incluye la distribución de fases, tamaño y orientación de cristales, matriz, porosidades, microfisuras, defectos internos y características superficiales. En materiales restauradores CAD/CAM, la microestructura influye directamente sobre dureza, resistencia, desgaste, módulo elástico, estabilidad superficial y comportamiento frente a la carga (20).

El desempeño mecánico de una cerámica no depende únicamente de su composición química general, sino también de la forma en que sus componentes se organizan internamente. Por ello, dos materiales pertenecientes a una misma familia cerámica pueden presentar respuestas diferentes si su microestructura, grado de cristalización o distribución de defectos no son equivalentes.

La microestructura también condiciona la forma en que el material responde frente a medios químicos. Una superficie más homogénea, bien pulida y con menor presencia de defectos puede presentar mayor estabilidad. En cambio, irregularidades superficiales, porosidades o defectos internos pueden facilitar la concentración de tensiones y favorecer cambios mecánicos bajo exposición prolongada.

2.2.4.1. Microestructura del disilicato de litio CAD/CAM

El disilicato de litio CAD/CAM presenta una microestructura formada por

cristales de disilicato de litio distribuidos en una matriz vítrea. Esta organización permite combinar propiedades ópticas y mecánicas. La matriz vítrea favorece la translucidez y el comportamiento estético, mientras que la fase cristalina aporta resistencia estructural.

La resistencia del material depende del equilibrio entre ambas fases. Una distribución cristalina adecuada permite limitar la propagación de grietas y mejorar la estabilidad mecánica. En cambio, defectos internos, irregularidades superficiales o zonas de menor homogeneidad pueden favorecer la concentración de tensiones y disminuir la resistencia.

La proporción entre fase vítrea y fase cristalina es determinante para el comportamiento del material. Un mayor desarrollo de la fase cristalina puede contribuir al refuerzo mecánico, mientras que la matriz vítrea permite conservar propiedades ópticas. Esta combinación explica la utilidad del disilicato de litio como material restaurador estético y resistente.

A. Fase vítrea

La fase vítrea es la porción amorfa de la cerámica. En el disilicato de litio, esta matriz contribuye a la translucidez, la estética y la capacidad de integración óptica de la restauración. Su estructura permite el paso parcial de la luz y participa en el comportamiento cromático del material.

Desde el punto de vista químico, la fase vítrea puede ser más susceptible a la interacción con medios ácidos o bebidas de uso cotidiano. Esta susceptibilidad se debe a su naturaleza amorfa y a su mayor exposición superficial. Por ello, las alteraciones iniciales producidas por medios químicos suelen expresarse primero en la superficie del material.

La estabilidad de la fase vítrea es importante para conservar la textura superficial, el brillo, la microdureza y la resistencia frente a procesos de degradación. Cuando esta fase se altera, pueden generarse cambios superficiales que favorecen la pérdida de dureza, el aumento de rugosidad o la aparición de zonas vulnerables

frente a cargas.

B. Fase cristalina

La fase cristalina está constituida principalmente por cristales de disilicato de litio. Esta fase actúa como refuerzo estructural dentro de la matriz vítrea. Su función principal es aportar resistencia mecánica, limitar la propagación de grietas y mejorar la estabilidad del material frente a cargas.

La cantidad, tamaño, orientación y distribución de los cristales influyen en la resistencia a la flexión y en la microdureza. Una fase cristalina homogénea y adecuadamente distribuida favorece la estabilidad mecánica. En cambio, una distribución irregular o la presencia de defectos puede facilitar la fractura bajo carga.

La fase cristalina también interviene en la forma en que el material disipa tensiones. Cuando una grieta se inicia en la superficie o en una zona defectuosa, la presencia de cristales puede dificultar su avance. Por ello, la organización cristalina es un componente esencial del desempeño mecánico del disilicato de litio CAD/CAM.

2.2.4.2. Degradación superficial y desempeño mecánico

La degradación superficial es el conjunto de cambios que ocurren en la superficie de un material como consecuencia de la exposición a medios químicos, térmicos o mecánicos. En restauraciones dentales, puede manifestarse como reducción de microdureza, aumento de rugosidad, pérdida de brillo, cambios cromáticos, formación de defectos superficiales o mayor susceptibilidad al desgaste.

En cerámicas de disilicato de litio, la degradación superficial puede afectar principalmente la matriz vítrea expuesta. Cuando el material entra en contacto prolongado con bebidas ácidas, pigmentadas o químicamente complejas, pueden producirse modificaciones superficiales capaces de alterar su respuesta frente a la indentación.

El desempeño mecánico, en cambio, depende tanto de la superficie como de la estructura interna del material. La resistencia a la flexión está condicionada por la presencia de defectos, la distribución de cristales, el espesor, la geometría y la propagación de grietas durante la carga. Por ello, una alteración superficial puede influir en el comportamiento mecánico si genera o favorece defectos capaces de actuar como puntos de inicio de fractura.

La relación entre microestructura, degradación superficial y desempeño mecánico permite comprender el comportamiento del disilicato de litio CAD/CAM frente a bebidas de uso cotidiano. La microdureza expresa la estabilidad superficial del material, mientras que la resistencia a la flexión representa su capacidad estructural frente a cargas. Ambas propiedades permiten evaluar de manera complementaria la respuesta fisicomecánica de las cerámicas restauradoras.

CAPÍTULO III:

HIPÓTESIS, VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.1. Hipótesis

H0: Hipótesis nula

La inmersión en bebidas de uso cotidiano, como café y Coca-Cola®, no produce diferencias significativas en la microdureza ni en la resistencia a la flexión de Deprag C14 Glass Ceramic e IPS e.max® CAD.

H1: Hipótesis alterna

La inmersión en bebidas de uso cotidiano, como café y Coca-Cola®, produce diferencias significativas en la microdureza y/o en la resistencia a la flexión de Deprag C14 Glass Ceramic e IPS e.max® CAD.

3.2. Operacionalización de variables

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida	Valor final
Microdureza	Propiedad mecánica que expresa la resistencia de un material a la deformación superficial cuando se aplica una carga puntual sobre su superficie.	Se determinó en especímenes de disilicato de litio CAD/CAM mediante ensayo Vickers, registrando el valor promedio de las indentaciones realizadas en cada muestra bajo condiciones estandarizadas del estudio.	Promedio de microdureza superficial por espécimen, obtenido del microdurómetro Vickers (AMH55; LECO, St. Joseph, MI, USA)	Cuantitativa continua	De razón	VHN (Vickers Hardness Number)	Valor numérico continuo en VHN
Resistencia a la flexión	Propiedad mecánica que expresa la capacidad de un material para soportar una carga antes de fracturarse cuando es sometido a esfuerzo de flexión.	Se determinó en especímenes de disilicato de litio CAD/CAM mediante ensayo de flexión en tres puntos, registrando la carga máxima hasta la fractura y calculando el valor correspondiente para cada muestra.	Resistencia a la flexión por espécimen, obtenida mediante la máquina universal de ensayos (OM 150; Odeme Dental Research; Joaçaba, SC, Brasil).	Cuantitativa continua	De razón	MPa	Valor numérico continuo en MPa

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida	Valor final
Marca comercial del disilicato de litio CAD/CAM	Identificación del material cerámico de disilicato de litio CAD/CAM según la presentación comercial utilizada en el estudio.	Se registró según la marca del bloque cerámico utilizado para la elaboración de los especímenes.	Tipo de material cerámico utilizado	Cualitativa dicotómica	Nominal	No aplica	1 = IPS e.max® CAD; 2 = Deprag C14 Glass Ceramic
Medio de inmersión	Sustancia o condición a la que fue sometido cada espécimen según el diseño experimental del estudio.	Se clasificó cada muestra según el grupo asignado: inmersión en café, inmersión en Coca-Cola® o ausencia de inmersión como control.	Medio de exposición asignado a cada espécimen	Cualitativa politómica	Nominal	No aplica	1 = Café; 2 = Coca-Cola®; 3 = Control

Fuente: Elaboración propia

Variables dependientes: microdureza y resistencia a la flexión.

Variables independientes: marca comercial del disilicato de litio CAD/CAM y medio de inmersión.

Diseño factorial: 2×3 .

Análisis principal: ANOVA de dos factores con comparaciones múltiples post hoc.

CAPÍTULO IV:

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Diseño de investigación

La presente investigación tuvo enfoque cuantitativo y correspondió a un estudio experimental in vitro, comparativo, transversal, prospectivo y analítico, con diseño factorial 2×3 . Fue experimental in vitro porque se manipuló deliberadamente el medio de inmersión de los especímenes en un entorno controlado de laboratorio, con la finalidad de evaluar su efecto sobre la microdureza y la resistencia a la flexión de dos marcas comerciales de disilicato de litio CAD/CAM.

Fue comparativo porque permitió contrastar el comportamiento de dos materiales cerámicos, IPS e.max® CAD y Deprag C14 Glass Ceramic, frente a tres condiciones de exposición: sin inmersión, inmersión en café e inmersión en Coca-Cola®. Se consideró transversal debido a que cada variable dependiente fue medida en un único momento por espécimen, una vez concluida la condición asignada. Fue prospectivo porque la preparación de las muestras, su distribución, la aplicación de los medios de inmersión y la recolección de los datos fueron planificadas y ejecutadas antes del análisis de resultados. Finalmente, fue analítico porque los datos obtenidos fueron sometidos a análisis inferencial para evaluar el efecto de la marca comercial y del medio de inmersión sobre las propiedades fisicomecánicas estudiadas.

El primer factor del diseño fue la marca comercial del disilicato de litio CAD/CAM, con dos niveles: IPS e.max® CAD y Deprag C14 Glass Ceramic. El segundo factor fue el medio de inmersión, con tres niveles: sin inmersión, café y Coca-Cola®. Las variables dependientes evaluadas fueron la microdureza y la resistencia a la flexión.

4.2. Ámbito de estudio

El estudio se desarrolló en el Laboratorio de Investigación en Biomateriales de la Universidad Privada de Tacna, en la ciudad de Tacna, Perú. En este ambiente se realizaron la preparación y acondicionamiento de los especímenes, la

exposición a los medios de inmersión, así como la evaluación de la microdureza y de la resistencia a la flexión, bajo condiciones controladas de laboratorio.

4.3. Población y muestra

La unidad de análisis estuvo constituida por cada espécimen de disilicato de litio CAD/CAM elaborado para los ensayos mecánicos. La población experimental estuvo conformada por bloques cerámicos de dos marcas comerciales: IPS e.max® CAD y Deprag C14 Glass Ceramic (22,23).

El tamaño muestral fue calculado mediante el software G*Power versión 3.1.9.7, utilizando un análisis de varianza de efectos fijos, efectos principales e interacción para seis grupos experimentales (24). Se consideraron los siguientes parámetros: tamaño del efecto $f = 0.40$, nivel de significancia $\alpha = 0.05$, potencia estadística $1 - \beta = 0.80$, grados de libertad del numerador = 2 y número de grupos = 6. El cálculo arrojó un tamaño mínimo de 64 especímenes, el cual fue ajustado a 66 para conservar una distribución homogénea de 11 especímenes por grupo experimental. Debido a que la microdureza y la resistencia a la flexión fueron evaluadas en especímenes distintos, la muestra total se duplicó, obteniéndose 132 especímenes: 66 destinados al ensayo de microdureza y 66 al ensayo de resistencia a la flexión.

Cada marca comercial aportó 66 especímenes. A su vez, por cada material se confeccionaron 33 especímenes para microdureza y 33 especímenes para resistencia a la flexión. Dentro de cada ensayo, los especímenes se distribuyeron en tres grupos: sin inmersión, café y Coca-Cola®, con 11 especímenes por grupo. Esta distribución generó seis grupos para microdureza y seis grupos para resistencia a la flexión, manteniendo equilibrio en la estructura factorial del estudio.

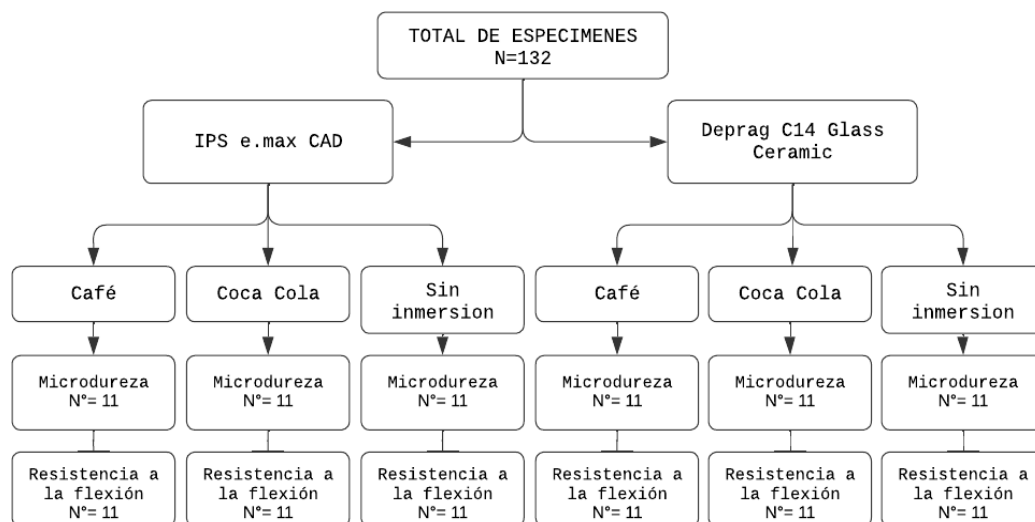


Figura 1. Distribución de especímenes

Fuente: *Elaboración propia.*

4.4. Técnica de muestreo y asignación experimental

Por la naturaleza experimental in vitro del estudio, no se trabajó con un muestreo probabilístico poblacional. Los especímenes fueron confeccionados de manera controlada a partir de dos materiales cerámicos previamente definidos en el protocolo y distribuidos de forma planificada y balanceada según la marca comercial, el tipo de ensayo y el medio de inmersión.

La asignación experimental siguió la estructura del diseño factorial 2×3 . En primer lugar, los especímenes se separaron según la marca comercial del material. Posteriormente, dentro de cada marca, se distribuyeron según el ensayo mecánico a realizar: microdureza o resistencia a la flexión. Finalmente, en cada ensayo los especímenes se organizaron en tres grupos: sin inmersión, inmersión en café e inmersión en Coca-Cola®, manteniéndose 11 especímenes por grupo. De esta manera, la distribución final fue homogénea y coherente con el análisis estadístico previsto.

4.5. Criterios de selección

4.5.1. Criterios de inclusión

Se incluyeron especímenes elaborados a partir de bloques cerámicos de IPS

e.max® CAD y Deprag C14 Glass Ceramic que cumplieron con las dimensiones establecidas para cada ensayo, presentaron integridad estructural y no mostraron defectos visibles.

4.5.2. Criterios de exclusión

Se excluyeron los especímenes que presentaron fisuras, deformaciones, rugosidades irregulares, contaminación superficial, defectos visibles o cualquier alteración que pudiera comprometer la precisión de las mediciones. Asimismo, se excluyeron materiales con fecha de vencimiento próxima o vencida.

4.5.3. Criterios de eliminación

No se establecieron criterios de eliminación posteriores distintos a los criterios de exclusión definidos antes de la ejecución de los ensayos.

4.6. Variables del estudio

Las variables independientes fueron la marca comercial del disilicato de litio CAD/CAM y el medio de inmersión. La marca comercial incluyó dos categorías: IPS e.max® CAD y Deprag C14 Glass Ceramic. El medio de inmersión comprendió tres grupos: sin inmersión, inmersión en café e inmersión en Coca-Cola®.

Las variables dependientes fueron la microdureza y la resistencia a la flexión. La microdureza fue expresada en VHN mediante ensayo Vickers. La resistencia a la flexión fue expresada en MPa mediante prueba de flexión en tres puntos. Ambas variables fueron cuantitativas continuas y de escala de razón.

4.7. Materiales, instrumentos, equipos e insumos

Para la ejecución del estudio se utilizaron materiales cerámicos CAD/CAM, equipos de preparación y ensayo, así como insumos de inmersión y registro de datos, todos acordes con el procedimiento experimental ejecutado.

Tabla 2. Materiales, instrumentos, equipos e insumos empleados en el estudio

Categoría	Descripción
Material cerámico	Bloques de disilicato de litio CAD/CAM IPS e.max® CAD (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) (22)
Material cerámico	Bloques de disilicato de litio CAD/CAM Deprag C14 Glass Ceramic (Deprag Dental) (23)
Equipo de corte	Cortadora de precisión Odeme Dental Research (Joaçaba, SC, Brasil)
Insumo de corte	Disco diamantado ISOMET BLADE 15LC 4IN 102 mm (Buehler, USA)
Equipo térmico	Horno Programat EP5000 (Ivoclar Vivadent) para cristalización
Insumos de acabado	Discos abrasivos de carburo de silicio de grano 600, 800, 1000 y 1200
Equipo de limpieza	Sistema de limpieza por ultrasonido
Instrumento de verificación dimensional	Calibrador digital
Equipo de preparación del medio	Cafetera de goteo Oster®
Instrumentos de dosificación	Gramera y cuchara dispensadora
Recipientes de laboratorio	Vasos de ensayo de laboratorio de vidrio
Insumos de identificación	Rotulador indeleble y cinta de papel
Insumos de bioseguridad	Guantes

Categoría	Descripción
Insumo de inmersión	Café soluble Nescafé® Classic (Nestlé, Suiza)
Insumo de inmersión	Bebida carbonatada Coca-Cola® (The Coca-Cola Company)
Equipo de incubación	Incubadora Ecocell® (H.W. Kessel S.A., República Checa)
Equipo para microdureza	Microdurómetro Vickers AMH55 (LECO, St. Joseph, MI, EE. UU.)
Equipo para resistencia a la flexión	Máquina universal de ensayos OM 150 (Odeme Dental Research, Joaçaba, SC, Brasil)
Instrumento de registro	Plantilla electrónica elaborada en Microsoft Excel

Fuente: *Elaboración propia.*

4.8. Procedimiento experimental

El procedimiento experimental se desarrolló de manera secuencial y estandarizada, desde la confección de los especímenes hasta el registro final de los datos.

4.8.1. Preparación y acondicionamiento de especímenes

Se emplearon bloques cerámicos de IPS e.max® CAD y Deprag C14 Glass Ceramic (22,23). Se confeccionaron 66 especímenes por marca comercial, de los cuales 33 se destinaron al ensayo de microdureza y 33 al ensayo de resistencia a la flexión. Para la prueba de resistencia a la flexión se prepararon especímenes con dimensiones de $14 \times 4 \times 1.2$ mm, mientras que para la prueba de microdureza se prepararon especímenes de $12 \times 6 \times 2$ mm. La confección de las muestras se realizó considerando como base técnica la norma ISO 6872 para materiales cerámicos (25) y la norma ISO 6507-1 para el ensayo Vickers (26).

El corte de los bloques se efectuó mediante una cortadora de precisión con disco

diamantado, a 2500 rpm y con un avance de 1.2 mm/min, bajo irrigación constante (21). Luego del corte, las muestras se limpiaron por ultrasonido y se almacenaron en agua destilada antes de la cristalización (19). La cristalización se realizó a 840 °C en horno Programat EP5000, siguiendo las indicaciones técnicas del fabricante para IPS e.max® CAD (22).

Como respaldo metodológico adicional para este tratamiento térmico y para la preparación previa al ensayo mecánico se consideraron protocolos reportados para cerámicas CAD/CAM sometidas a medios erosivos. Posteriormente, los especímenes se pulieron con discos abrasivos de carburo de silicio de grano 600, 800, 1000 y 1200, bajo refrigeración constante. Las dimensiones finales de cada espécimen se verificaron con un calibrador digital (3).

4.8.2. Distribución de grupos experimentales

Una vez acondicionados, los especímenes fueron distribuidos según el material, el ensayo mecánico y el medio de inmersión. En cada material se conformaron tres grupos para microdureza y tres grupos para resistencia a la flexión: sin inmersión, inmersión en café e inmersión en Coca-Cola®, con 11 especímenes por grupo. Esta organización permitió mantener equilibrio entre las celdas experimentales del diseño factorial.

4.8.3. Proceso de inmersión

Para la solución de café, se pesaron 10 g de Nescafé® Classic en una gramera, se dosificaron con cuchara dispensadora y se prepararon en 600 mL de agua hervida mediante una cafetera de goteo Oster®. La infusión se dejó reposar durante 3 a 4 minutos y luego se filtró para obtener una solución homogénea, siguiendo un protocolo in vitro de exposición a bebidas de consumo habitual que incluyó preparación estandarizada de la bebida (27).

Para el grupo de Coca-Cola®, se empleó directamente el contenido de botellas comerciales de 250 mL, abriéndose una botella nueva en cada recambio para preservar las características del medio experimental.

Cada espécimen fue sumergido individualmente en 50 mL de la bebida correspondiente, dentro de vasos de ensayo de laboratorio de vidrio previamente identificados con cinta de papel y rotulador indeleble. Los recipientes fueron colocados en una incubadora Ecocell® a 37 ± 1 °C. Las soluciones fueron renovadas cada 24 horas durante 24 días consecutivos.

Al finalizar el periodo de inmersión, las muestras se retiraron, se enjuagaron con agua destilada a temperatura ambiente para eliminar residuos superficiales y se secaron antes de proceder con los ensayos (28).

Los especímenes del grupo control no fueron sometidos a inmersión en bebidas y se conservaron como grupo de referencia.

4.8.4. Ensayo de microdureza

La microdureza se evaluó mediante un microdurómetro Vickers AMH55, siguiendo el principio del ensayo Vickers descrito en la norma ISO 6507-1 (26). En cada muestra se realizaron tres indentaciones, separadas entre sí por 0.5 mm, aplicando una carga de 200 g durante 15 segundos (29).

El valor de microdureza se calculó mediante la fórmula:

$$\text{VHN} = \frac{1.854 \times P}{d^2}$$

donde P corresponde a la carga aplicada y d a la longitud diagonal de la indentación (26). El valor final de cada espécimen se obtuvo a partir del promedio de las tres mediciones realizadas (29).

4.8.5. Ensayo de resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión se determinó mediante una prueba de flexión en tres puntos con máquina universal de ensayos OM 150, considerando como base técnica la norma ISO 6872 para materiales cerámicos (25). La prueba se ejecutó con una distancia entre apoyos de 12 mm y una velocidad de 1 mm/min (7).

Se registró la carga máxima al momento de la fractura y se calculó la resistencia a la flexión mediante la fórmula:

$$\sigma = \frac{3FL}{2wd^2}$$

donde F representa la carga máxima de fractura, L la distancia entre apoyos, w el ancho del espécimen y d su espesor (25). En los grupos expuestos, la prueba se realizó al concluir el periodo de inmersión; en el grupo control se aplicó la misma configuración de ensayo para establecer el valor comparativo de referencia.

4.8.6. Registro y organización de datos

Los resultados de ambos ensayos fueron consignados en una plantilla electrónica elaborada en Microsoft Excel. La matriz de registro incluyó el código de la muestra, la marca comercial del material, el medio de inmersión y los resultados correspondientes a microdureza y resistencia a la flexión. Esta base permitió el ordenamiento sistemático de la información para su posterior procesamiento estadístico.

Tabla 3. Resumen del procedimiento experimental

Etapa	Descripción principal
Preparación de especímenes	Corte de bloques CAD/CAM y confección de muestras para microdureza y flexión
Verificación dimensional	Control de medidas con calibrador digital
Limpieza y acondicionamiento	Limpieza ultrasónica, almacenamiento previo a cristalización y tratamiento térmico
Acabado superficial	Pulido con discos abrasivos de carburo de silicio
Distribución	Organización por marca comercial, ensayo mecánico y

Etapas	Descripción principal
experimental	medio de inmersión
Preparación del café	Pesaje con gramero, dosificación con cuchara dispensadora y preparación en cafetera de goteo Oster®
Identificación y disposición	Rotulado de recipientes con cinta de papel y rotulador indeleble
Inmersión	Exposición a café o Coca-Cola® durante 24 días, con recambio diario a 37 ± 1 °C
Grupo control	Especímenes sin inmersión, conservados como grupo de referencia
Microdureza	Ensayo Vickers con tres indentaciones por muestra, 200 g durante 15 s
Resistencia a la flexión	Prueba de flexión en tres puntos, 12 mm entre apoyos y 1 mm/min
Registro de datos	Consignación de resultados en plantilla electrónica para análisis estadístico

Fuente: *Elaboración propia.*

CAPÍTULO V:

PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS

5.1. Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron organizados en una base electrónica y procesados mediante R versión 3.6.1 en entorno RStudio y GraphPad Prism versión 10.0.0. Para todos los contrastes estadísticos se consideró un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

El análisis se realizó con 66 observaciones para microdureza y 66 observaciones para resistencia a la flexión, correspondientes a seis grupos experimentales de 11 especímenes por grupo en cada variable. Los grupos se organizaron según la marca comercial del disilicato de litio CAD/CAM y el medio de inmersión: sin inmersión, café y Coca-Cola®.

Inicialmente, se efectuó un análisis descriptivo mediante medidas de tendencia central y dispersión, con el propósito de resumir el comportamiento de la microdureza y de la resistencia a la flexión en cada grupo evaluado. Posteriormente, se verificaron los supuestos requeridos para el análisis inferencial. La normalidad de los datos se evaluó mediante histogramas, gráficos Q-Q y prueba de Shapiro–Wilk (30), mientras que la homogeneidad de varianzas se analizó mediante la prueba de Levene (31).

Debido a que la microdureza y la resistencia a la flexión fueron medidas en especímenes distintos, se aplicaron dos modelos independientes de ANOVA de dos factores: uno para microdureza y otro para resistencia a la flexión. En ambos modelos se consideraron como factores la marca comercial del material y el medio de inmersión. Asimismo, se evaluó la posible interacción entre ambos factores.

Se estimaron los efectos principales, la interacción y el tamaño del efecto mediante η^2 parcial. Cuando correspondió, se realizaron comparaciones múltiples post hoc con ajuste de Bonferroni para identificar diferencias específicas entre los grupos evaluados. La interpretación de los resultados consideró la

significancia estadística, la dirección de las diferencias observadas y la magnitud del efecto.

Tabla 4. Resumen del análisis estadístico

Componente	Descripción
Software	R versión 3.6.1 en entorno RStudio y GraphPad Prism versión 10.0.0
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$
Análisis descriptivo	Medidas de tendencia central, dispersión y gráficos
Verificación de normalidad	Histogramas, gráficos Q-Q y prueba de Shapiro–Wilk
Verificación de homogeneidad	Prueba de Levene
Modelo inferencial	Dos modelos independientes de ANOVA de dos factores, uno para cada variable.
Factores incluidos	Material y medio de inmersión
Interacción	Material $\times$ medio de inmersión
Tamaño del efecto	η^2 parcial
Comparaciones múltiples	Post hoc con ajuste de Bonferroni

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Consideraciones éticas

El presente estudio correspondió a una investigación experimental *in vitro*, por lo que no involucró la participación de seres humanos ni animales, ni el uso de muestras biológicas durante ninguna fase del procedimiento. La ejecución del estudio se centró en materiales cerámicos CAD/CAM de disilicato de litio y en bebidas de uso cotidiano, dentro de un entorno de laboratorio controlado.

La investigación se desarrolló siguiendo las directrices de la CRIS Guideline para

estudios in vitro, con la finalidad de fortalecer la calidad metodológica, la transparencia en la ejecución del estudio y la adecuada comunicación de los procedimientos empleados (32). Asimismo, se actuó con imparcialidad durante la recolección, registro, análisis e interpretación de los datos, y se cumplieron las normas de bioseguridad y los protocolos de trabajo del laboratorio.

El proyecto contó con aprobación del Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Privada de Tacna, según consta en el Anexo 10, con código **FACSA – CEI / 025 – 03 – 2025**. La ejecución del estudio se realizó en concordancia con dicha aprobación y con las disposiciones institucionales aplicables a investigaciones in vitro.

RESULTADOS

Se evaluaron 132 especímenes de disilicato de litio CAD/CAM, distribuidos en dos marcas comerciales: IPS e.max® CAD y Deprag C14 Glass Ceramic. Del total, 66 especímenes correspondieron al ensayo de microdureza y 66 al ensayo de resistencia a la flexión. Para cada variable se aplicó un diseño factorial 2×3 , integrado por dos materiales y tres medios de inmersión (café, Coca-Cola® y control), con 11 especímenes por subgrupo. Los resultados descriptivos se presentan en la Tabla 5, los resultados inferenciales del ANOVA de dos factores en la Tabla 6, y las comparaciones múltiples post hoc en la Figura 2 y la Figura 3.

Tabla 5. Microdureza Vickers y resistencia a la flexión (media $\pm$ DE) según material y medio de inmersión.

Material	Medio de inmersión	Microdureza Vickers	Resistencia a la flexión (MPa)
Deprag C14 Glass Ceramic	Coca-Cola®	497.63 $\pm$ 25.72	331.33 $\pm$ 53.68
	Café	460.96 $\pm$ 26.02	310.16 $\pm$ 51.12
	Control	565.18 $\pm$ 55.36	348.55 $\pm$ 39.12
IPS e.max® CAD	Coca-Cola®	535.87 $\pm$ 22.30	345.71 $\pm$ 45.98
	Café	494.03 $\pm$ 16.72	313.06 $\pm$ 65.51
	Control	583.48 $\pm$ 28.81	389.31 $\pm$ 47.34

Nota: DE = desviación estándar; VHN = Vickers Hardness Number; MPa = megapascal.

La Tabla 5 muestra los resultados descriptivos de ambas propiedades fisicomecánicas de los materiales evaluados. Con respecto a la microdureza, en Deprag C14 Glass Ceramic, la microdureza fue mayor en el grupo control (565.18 $\pm$ 55.36), seguida por Coca-Cola® (497.63 $\pm$ 25.72) y café (460.96 $\pm$ 26.02). En IPS e.max® CAD, la microdureza también fue mayor en el grupo control (583.48 $\pm$ 28.81), seguida por Coca-Cola® (535.87 $\pm$ 22.30) y café (494.03 $\pm$ 16.72). En ambas marcas, los valores más altos correspondieron al grupo control y los más bajos al grupo expuesto a café. IPS e.max® CAD presentó valores medios superiores a Deprag C14 Glass Ceramic en los tres

medios de inmersión evaluados. Con respecto a la resistencia a la flexión, en Deprag C14 Glass Ceramic, la resistencia a la flexión fue de 348.55 ± 39.12 MPa en el grupo control, 331.33 ± 53.68 MPa tras exposición a Coca-Cola® y 310.16 ± 51.12 MPa tras exposición a café. En IPS e.max® CAD, los valores fueron 389.31 ± 47.34 MPa en el grupo control, 345.71 ± 45.98 MPa tras exposición a Coca-Cola® y 313.06 ± 65.51 MPa tras exposición a café. En ambas marcas, los mayores valores se registraron en los grupos control y los menores en los grupos expuestos a café. IPS e.max® CAD presentó medias superiores a Deprag C14 Glass Ceramic en los tres medios de inmersión evaluados.

Tabla 6. ANOVA de dos factores para microdureza y resistencia a la flexión.

Microdureza					
Fuente	Gl	Suma de cuadrados	F	p-valor	η^2 parcial
Material	1	14720	14.691	<0.001	0.20
Medio de inmersión	2	104374	54.982	<0.001	0.63
Material $\times$ medio de inmersión	2	1177	0.588	0.558	0.02
Residuales	60	60121			

Resistencia a la flexión					
Fuente	Gl	Suma de cuadrados	F	p-valor	η^2 parcial
Material	1	6174	2.363	0.129	0.04
Medio de inmersión	2	36195	6.928	0.001	0.19
Material $\times$ medio de inmersión	2	4146	0.794	0.456	0.03
Residuales	60	156734			

Nota: gl = grados de libertad; η^2 parcial = eta cuadrado parcial.

La Tabla 6 muestra los resultados del ANOVA de dos factores. En microdureza, no se observó interacción significativa entre la marca comercial y el medio de inmersión ($F = 0.588$; $p = 0.558$; η^2 parcial = 0.02). Se identificaron efectos principales significativos del material ($F = 14.691$; $p < 0.001$; η^2 parcial = 0.20) y del medio de inmersión ($F = 54.982$; $p < 0.001$; η^2 parcial = 0.63). El medio de inmersión presentó el mayor tamaño del efecto en esta variable. Para la resistencia a la flexión, no se observó interacción significativa entre la marca comercial y el medio de inmersión ($F = 0.794$; $p = 0.456$; η^2 parcial = 0.03). El efecto principal del material no fue significativo ($F = 2.363$; $p = 0.129$; η^2 parcial = 0.04). El medio de inmersión mostró un efecto principal significativo sobre la resistencia a la flexión ($F = 6.928$; $p = 0.001$; η^2 parcial = 0.19).

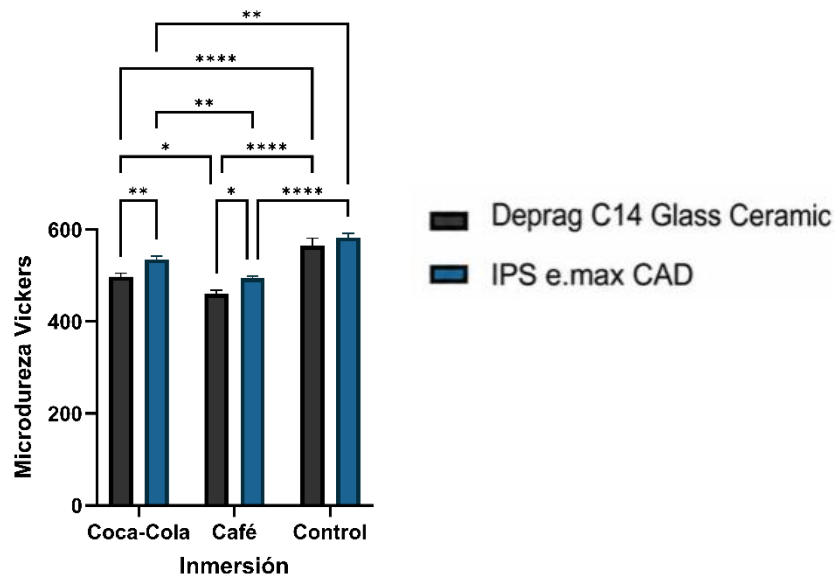


Figura 2. Comparaciones múltiples de microdureza Vickers según material y medio de inmersión.

Nota: Los asteriscos indican diferencias estadísticamente significativas según las comparaciones post hoc con ajuste de Bonferroni: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; **** $p < 0.0001$.

En la Figura 2 se presentan las comparaciones post hoc de microdureza con ajuste de Bonferroni. Al comparar los materiales dentro de cada medio de inmersión, IPS e.max® CAD presentó valores significativamente mayores que Deprag C14 Glass Ceramic en Coca-Cola® y café, mientras que en el grupo control no se observó una diferencia significativa. Dentro de Deprag C14 Glass Ceramic, se observaron diferencias significativas entre café y Coca-Cola®, entre Coca-Cola® y control, y entre café y control. Asimismo, dentro de IPS e.max® CAD se identificaron diferencias significativas entre café y Coca-Cola®, entre Coca-Cola® y control, y entre café y control.

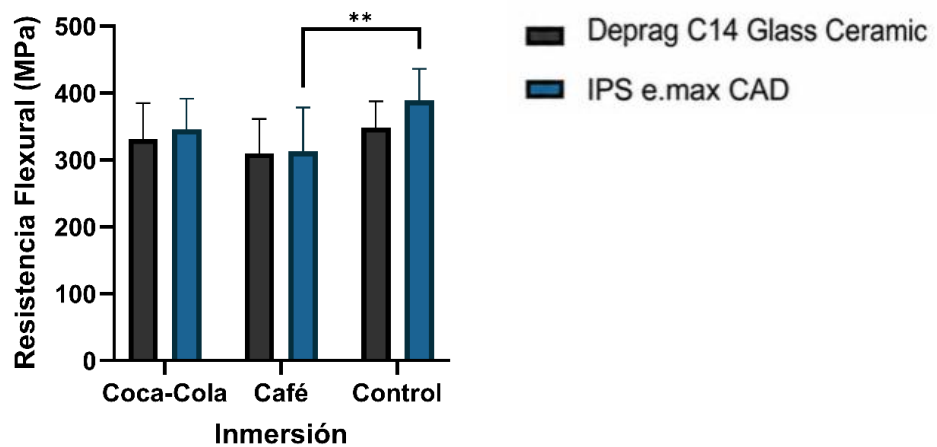


Figura 3. Comparaciones múltiples de resistencia a la flexión según material y medio de inmersión.

Nota: El doble asterisco indica una diferencia estadísticamente significativa según la comparación post hoc con ajuste de Bonferroni: ** $p < 0.01$.

En la Figura 3 se presentan las comparaciones post hoc de resistencia a la flexión. En IPS e.max® CAD, el grupo sin inmersión presentó una resistencia a la flexión significativamente mayor que el grupo expuesto a café ($p < 0.01$).

DISCUSIÓN

El presente estudio evaluó el efecto del café y la Coca-Cola® sobre la microdureza y la resistencia a la flexión de IPS e.max® CAD y Deprag C14 Glass Ceramic. Descriptivamente, ambas propiedades siguieron un patrón decreciente: grupo sin inmersión, Coca-Cola® y café. En microdureza se identificaron efectos significativos de la marca comercial y del medio de inmersión, mientras que en resistencia a la flexión solo el medio presentó un efecto significativo. La interacción entre ambos factores no fue significativa, por lo que no se encontró evidencia estadística de que el efecto de las bebidas variara según la marca. En microdureza, IPS e.max® CAD presentó valores medios superiores a Deprag C14 Glass Ceramic en las tres condiciones; las comparaciones post hoc mostraron diferencias significativas entre los materiales en los grupos expuestos a Coca-Cola® y café, pero no en el grupo sin inmersión. Asimismo, dentro de ambas marcas se observaron diferencias significativas entre los tres medios, manteniéndose el patrón control > Coca-Cola® > café. Estos resultados indican un comportamiento superficial más favorable de IPS e.max® CAD bajo determinadas condiciones de exposición, aunque no permiten afirmar una superioridad general para todas las propiedades evaluadas.

El café produjo los menores valores de microdureza en ambas marcas. Este comportamiento podría relacionarse con modificaciones de la matriz vítrea superficial durante la exposición prolongada. Al-Angari et al. observaron un aumento de la rugosidad del disilicato de litio CAD/CAM después de la exposición al café (33). De forma concordante, Elraggal et al. reportaron disminución de la microdureza en materiales CAD/CAM sometidos a medios erosivos (3); Alencar-Silva et al. identificaron cambios en la rugosidad y microdureza de una cerámica vítrea expuesta a bebidas y cepillado (4); y Colombo et al. encontraron variaciones en la microdureza Vickers después de la exposición a una bebida ácida (6). Estos antecedentes respaldan que la microdureza es una propiedad sensible a las alteraciones superficiales producidas por medios químicos.

La microdureza significativamente menor observada con café respecto a Coca-

Cola® en ambas marcas sugiere que el efecto de una bebida no depende únicamente de su pH. El café contiene cafeína, ácidos orgánicos, compuestos fenólicos y pigmentos. Fujioka y Shibamoto describieron variaciones en el contenido de cafeína, ácidos clorogénicos y pH entre cafés comerciales (34); Moon et al. señalaron que el tostado puede modificar su acidez y composición química (35); y Rao y Fuller indicaron que cafés con valores de pH semejantes pueden presentar diferente acidez titulable (36). Sin embargo, debido a que estas características no fueron medidas durante el procedimiento, su relación con los cambios observados debe considerarse probable y no concluyente. Además, los 24 días de inmersión continua y el recambio diario representaron una exposición mayor que la producida habitualmente en el entorno intraoral.

Los grupos expuestos a Coca-Cola® también presentaron valores de microdureza significativamente menores que los grupos sin inmersión en ambos materiales. Esta bebida ha sido relacionada con reducción de la dureza y aumento de la rugosidad de materiales restauradores (8). Asimismo, Coca-Cola® y café han sido utilizados previamente como medios de inmersión en cerámicas CAD/CAM, lo que respalda su pertinencia experimental (9). Su efecto podría relacionarse con la interacción del medio ácido con la matriz vítrea, aunque la magnitud de la respuesta también depende de la composición, microestructura, acabado, pulido y tiempo de exposición del material.

Las diferencias observadas entre IPS e.max® CAD y Deprag C14 Glass Ceramic podrían atribuirse a variaciones en su composición, proporción cristalina, matriz vítrea y presencia de defectos. Tavares et al. demostraron que cerámicas CAD/CAM pertenecientes a una misma familia pueden presentar diferencias microestructurales y mecánicas (7), mientras que Prause et al. señalaron que la homogeneidad, la distribución de fases y los defectos internos influyen en el comportamiento de los materiales CAD/CAM (11). Por ello, la clasificación de ambos productos como disilicato de litio no implica necesariamente una respuesta superficial equivalente frente a un mismo medio de exposición.

En resistencia a la flexión, los grupos expuestos a café y Coca-Cola® presentaron

valores descriptivamente inferiores a los grupos sin inmersión, aunque las diferencias fueron menos evidentes que en microdureza. Esto puede explicarse porque la microdureza evalúa principalmente la superficie, mientras que la resistencia a la flexión depende del comportamiento integral del espécimen, su geometría, espesor, microestructura y distribución de defectos. Homaei et al. señalaron que el comportamiento mecánico de las cerámicas CAD/CAM es multifactorial (21), mientras que Freitas et al. indicaron que la condición superficial puede influir en la fatiga flexural, aunque esta relación no siempre es directa o proporcional (13).

El efecto significativo del medio de inmersión sobre la resistencia a la flexión coincide con Elraggal et al., quienes observaron que los medios ácidos pueden comprometer la resistencia flexural y la fatiga de materiales CAD/CAM (12). Demirel et al. también reportaron cambios en la resistencia biaxial de una cerámica de disilicato de litio después del termociclado en café (10). No obstante, en el presente estudio la única diferencia post hoc se observó en IPS e.max® CAD, cuyo grupo sin inmersión presentó una resistencia a la flexión significativamente mayor que el grupo expuesto a café. No se identificaron otras diferencias significativas entre los medios de inmersión ni entre las marcas comerciales, por lo que no corresponde afirmar que todas las exposiciones redujeron significativamente la resistencia a la flexión de ambos materiales.

El procesamiento térmico y la evolución microestructural también pueden influir en la respuesta de los materiales. Kang et al. señalaron que la resistencia flexural depende de la microestructura desarrollada durante el tratamiento térmico (37), mientras que Lien et al. describieron que el crecimiento y la distribución de la fase cristalina modifican las propiedades físicas y mecánicas del disilicato de litio (38). En consecuencia, el comportamiento frente a las bebidas depende tanto del medio de inmersión como de las características internas y del procesamiento de cada cerámica.

Deprag C14 Glass Ceramic presentó valores descriptivamente inferiores a IPS e.max® CAD en ambas propiedades. En microdureza, las diferencias entre los

materiales fueron significativas en los grupos expuestos a café y Coca-Cola®, pero no en el grupo sin inmersión. En resistencia a la flexión no se identificó un efecto significativo de la marca comercial. Por ello, estos resultados no permiten clasificar a Deprag C14 Glass Ceramic como un material deficiente. La evidencia científica independiente sobre esta cerámica es limitada y parte de su información procede del fabricante (23). Aunque sus medias de resistencia a la flexión superaron los 300 MPa, este valor aislado no determina su idoneidad para todas las indicaciones restauradoras, debido a que la norma ISO 6872 establece requisitos diferenciados según la clase y aplicación del material (25). Además, los especímenes rectangulares utilizados no reproducen completamente la geometría ni la distribución de tensiones de una restauración clínica.

En conjunto, el medio de inmersión mostró la mayor influencia sobre las propiedades evaluadas, especialmente sobre la microdureza. El café produjo los valores más bajos en ambas marcas, mientras que IPS e.max® CAD presentó una microdureza significativamente mayor que Deprag C14 Glass Ceramic en los grupos expuestos a café y Coca-Cola®. En resistencia a la flexión, la única diferencia específica se identificó entre el grupo expuesto a café y el grupo sin inmersión de IPS e.max® CAD. Desde una perspectiva clínica, estos hallazgos respaldan la consideración de los hábitos de consumo de bebidas ácidas o pigmentantes durante el seguimiento y mantenimiento de restauraciones cerámicas; sin embargo, al proceder de un modelo in vitro, no demuestran que su consumo produzca necesariamente una falla clínica.

CONCLUSIONES

La inmersión en bebidas de uso cotidiano influyó en la microdureza y la resistencia a la flexión de las dos marcas de disilicato de litio CAD/CAM evaluadas. El efecto estuvo asociado principalmente al medio de inmersión, especialmente en la microdureza.

1. En el grupo sin inmersión, IPS e.max® CAD presentó valores descriptivamente superiores de microdureza y resistencia a la flexión respecto a Deprag C14 Glass Ceramic, sin diferencias significativas entre ambos materiales.
2. Los grupos expuestos a café presentaron los valores más bajos de microdureza y resistencia a la flexión. La microdureza fue significativamente menor que en los grupos expuestos a Coca-Cola® y sin inmersión en ambas marcas; sin embargo, en resistencia a la flexión solo se observó una diferencia significativa entre el café y el grupo sin inmersión de IPS e.max® CAD.
3. Los grupos expuestos a Coca-Cola® presentaron valores de microdureza significativamente menores que los grupos sin inmersión y significativamente mayores que los grupos expuestos a café en ambas marcas. En resistencia a la flexión, los cambios fueron descriptivos y no mostraron diferencias significativas específicas.
4. Al comparar ambas marcas, IPS e.max® CAD presentó valores descriptivamente superiores de microdureza en las tres condiciones evaluadas. Las diferencias fueron significativas en los grupos expuestos a café y Coca-Cola®, pero no en el grupo sin inmersión. En resistencia a la flexión no se evidenció un efecto significativo de la marca comercial.

RECOMENDACIONES

- Incorporar en futuras investigaciones condiciones que simulen mejor el ambiente oral, como saliva artificial, termociclado, biofilm, cepillado, carga cíclica y periodos de exposición intermitente.
- Medir periódicamente el pH y la acidez titulable de las bebidas durante la inmersión, para relacionar sus características químicas con los cambios en microdureza y resistencia a la flexión.
- Evaluar otras bebidas de uso cotidiano y un mayor número de marcas comerciales de disilicato de litio CAD/CAM, con el fin de ampliar la comparación entre materiales y medios de exposición.
- Elaborar los especímenes mediante fresado individual CAD/CAM y complementar los ensayos mecánicos con análisis microestructurales, como microscopía electrónica de barrido o espectroscopía.
- Desarrollar estudios de envejecimiento, fatiga y modelos clínicos más próximos al entorno intraoral; asimismo, considerar los hábitos de consumo de bebidas ácidas o pigmentantes durante el seguimiento de restauraciones cerámicas, sin asumir que estos produzcan necesariamente una falla clínica.

REFERENCIAS

1. Aswal GS, Rawat R, Dwivedi D, Prabhakar N, Kumar V. Clinical outcomes of CAD/CAM (lithium disilicate and zirconia) based and conventional full crowns and fixed partial dentures: a systematic review and meta-analysis. *Cureus*. 2023;15(4):e37888. doi:10.7759/cureus.37888. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37213959/>
2. Aziz A, El-Mowafy O, Paredes S. Clinical outcomes of lithium disilicate glass-ceramic crowns fabricated with CAD/CAM technology: a systematic review. *Dent Med Probl*. 2020;57(2):197-206. doi:10.17219/dmp/122596. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32673449/>
3. Elraggal A, Afifi R, Abdelraheem I. Effect of erosive media on microhardness and fracture toughness of CAD-CAM dental materials. *BMC Oral Health*. 2022;22:191. doi:10.1186/s12903-022-02146-w. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35590294/>
4. Alencar-Silva FJ, Barreto JO, Negreiros WA, Silva PGB, Pinto-Fiamengui LMS, Regis RR. Effect of beverage solutions and toothbrushing on the surface roughness, microhardness, and color stainability of a vitreous CAD-CAM lithium disilicate ceramic. *J Prosthet Dent*. 2019;121(4):711.e1-711.e6. doi:10.1016/j.prosdent.2019.02.001. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30929660/>
5. Cruz MEM, Simões R, Martins SB, Trindade FZ, Dovigo LN, Fonseca RG. Influence of simulated gastric juice on surface characteristics of CAD-CAM monolithic materials. *J Prosthet Dent*. 2020;123(3):483-490. doi:10.1016/j.prosdent.2019.01.022. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31383520/>
6. Colombo M, Poggio C, Lasagna A, Chiesa M, Scribante A. Vickers microhardness of new restorative CAD/CAM dental materials: evaluation and comparison after exposure to acidic drink. *Materials (Basel)*. 2019;12(8):1246. doi:10.3390/ma12081246. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31014032/>
7. Tavares LN, Zancopé K, Silva ACA, Raposo LHA, Soares CJ, Neves FD. Microstructural and mechanical analysis of two CAD-CAM lithium disilicate glass-reinforced ceramics. *Braz Oral Res*. 2020;34:e004. doi:10.1590/1807-

3107bor-2020.vol34.0004.

Disponible

en:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32022223/>

8. Madrid-Troconis CC, Molina-Pérez S, Redondo-Rico ML. Efectos de la bebida Coca-Cola® en los tejidos dentales duros, materiales restauradores y aditamentos ortodónticos: estado del arte. *Rev Fac Odontol Univ Antioq.* 2025;37(1):e357892. doi:10.17533/udea.rfo.v37n1e357892. Disponible en: <https://doi.org/10.17533/udea.rfo.v37n1e357892>
9. Al Wadei MHD. Comparison of the degree of staining of computer-aided design-computer-aided manufacture (CAD-CAM) ceramic veneers by green tea, coffee, and Coca-Cola using a digital spectrophotometer. *Med Sci Monit.* 2023;29:e939341. doi:10.12659/MSM.939341. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36747464/>
10. Demirel M, Türksayar AAD, Donmez MB. Translucency, color stability, and biaxial flexural strength of advanced lithium disilicate ceramic after coffee thermocycling. *J Esthet Restor Dent.* 2023;35(2):390-396. doi:10.1111/jerd.12960. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36057856/>
11. Prause E, Hey J, Beuer F, Yassine J, Hesse B, Weitkamp T, Gerber J, Schmidt F. Microstructural investigation of hybrid CAD/CAM restorative dental materials by micro-CT and SEM. *arXiv [Preprint].* 2023 Aug 14:arXiv:2308.07341. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2308.07341>
12. Elraggal A, Afifi RR, Alamoush RA, Abdel Raheem I, Watts DC. Effect of acidic media on flexural strength and fatigue of CAD-CAM dental materials. *Dent Mater.* 2023;39(1):57-69. doi:10.1016/j.dental.2022.11.019. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36496258/>
13. Freitas JS, Souza LFB, Pereira GKR, May LG. Surface properties and flexural fatigue strength of an advanced lithium disilicate. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2023;147:106154. doi:10.1016/j.jmbbm.2023.106154. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37804677/>
14. Maita-Castañeda LM, Maita-Véliz L, Ramos-Perfecto D, Luque-Peralta S. Resistencia a la fractura de endocrowns en molares utilizando diferentes materiales CAD/CAM: una revisión narrativa de estudios in vitro. *Kiru.* 2025;22(2):112-120. doi:10.24265/kiru.2025.v22n2.06. Disponible en:

<https://doi.org/10.24265/kiru.2025.v22n2.06>

15. Coronel Gamarra JA, Gomez Viveros NK, Mendonça EMJ. Rehabilitación del sector anterior con disilicato de litio. *Rev Estomatol Herediana*. 2023;33(1):76-82. doi:10.20453/reh.v33i1.4438. Disponible en: <https://doi.org/10.20453/reh.v33i1.4438>
16. Cruz Ayala MFR. Evaluación de la adaptación marginal de carillas oclusales de disilicato de litio (técnica CAD/CAM vs. técnica inyectada). Tacna, 2020 [tesis para optar el título profesional de Cirujano Dentista]. Tacna: Universidad Privada de Tacna; 2023. Disponible en: <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2775>
17. Rexhepi I, Santilli M, D’Addazio G, Tafuri G, Manciocchi E, Caputi S, et al. Clinical Applications and Mechanical Properties of CAD-CAM Materials in Restorative and Prosthetic Dentistry: A Systematic Review. *J Funct Biomater*. 2023;14(8):431. doi:10.3390/jfb14080431. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/jfb14080431>
18. Muñoz A, Zhao Z, Paolone G, Louca C, Vichi A. Flexural Strength of CAD/CAM Lithium-Based Silicate Glass-Ceramics: A Narrative Review. *Materials (Basel)*. 2023;16(12):4398. doi:10.3390/ma16124398. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma16124398>
19. Yang H, Lu Z, Attin T, Yu H. Erosion of CAD/CAM restorative materials and human enamel: an in vitro study. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2021;119:104503. doi:10.1016/j.jmbbm.2021.104503. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32957208/>
20. Lawson NC, Bansal R, Burgess JO. Wear, strength, modulus and hardness of CAD/CAM restorative materials. *Dent Mater*. 2016;32(11):e275-e283. doi:10.1016/j.dental.2016.07.003. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27639808/>
21. Homaei E, Farhangdoost K, Tsoi JKH, Matinlinna JP, Pow EHN. Static and fatigue mechanical behavior of three dental CAD/CAM ceramics. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2016;59:304-313. doi:10.1016/j.jmbbm.2016.01.023. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26896763/>
22. Ivoclar Vivadent. IPS e.max® CAD [Internet]. Schaan: Ivoclar Vivadent; [citado 23 May 2026]. Disponible en:

https://www.ivoclar.com/es_latam/products/digital-processes/ips-e.max-cad

23. Deprag Dental. Dental glass ceramic manufacturer [Internet]. Zhengzhou: Deprag Dental; [citado 23 May 2026]. Disponible en: <https://www.depragdental.com/spa/products/dental-glass-ceramic-manufacturer.html>
24. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods*. 2007;39(2):175-191. doi:10.3758/BF03193146. Disponible en: <https://doi.org/10.3758/BF03193146>
25. International Organization for Standardization. ISO 6872:2008. Dentistry—Ceramic materials. Geneva: ISO; 2008. Disponible en: <https://www.iso.org/search.html?q=ISO%206872%3A2008>
26. International Organization for Standardization. ISO 6507-1:2018. Metallic materials—Vickers hardness test—Part 1: Test method. Geneva: ISO; 2018. Disponible en: <https://www.iso.org/search.html?q=ISO%206507-1%3A2018>
27. Signore A, Solimei L, Qaraghuli AM, Benedicenti S, El Halawani MT. Comparison and effect of common beverages on color stability of different esthetic restorative materials: an in vitro study. *J Contemp Dent Pract*. 2023;23(11):1085-1090. doi:10.5005/jp-journals-10024-3419. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37073930/>
28. Sami RN. Translucency, microhardness and fracture toughness of two machinable ceramics as affected by two acidic beverages. *Egypt Dent J*. 2023;69(2):1435-1451. doi:10.21608/edj.2023.191307.2424. Disponible en: https://edj.journals.ekb.eg/article_294285_5470ed58272283a464fc26ceb653a2c9.pdf
29. Kermanshah H, Ahmadi E, Rafeie N, Rafizadeh S, Ranjbar Omrani L. Vickers micro-hardness study of the effect of fluoride mouthwash on two types of CAD/CAM ceramic materials erosion. *BMC Oral Health*. 2022;22(1):1-9. doi:10.1186/s12903-022-02135-z. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35354455/>
30. Shapiro SS, Wilk MB. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*. 1965;52(3-4):591-611. doi:10.1093/biomet/52.3-

4.591. Disponible en: <https://academic.oup.com/biomet/article-abstract/52/3-4/591/336553>

31. Levene H. Robust tests for equality of variances. In: Olkin I, editor. Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling. Stanford: Stanford University Press; 1960. p. 278-292. Disponible en:
<https://search.worldcat.org/search?q=ti%3AContributions%20to%20Probability%20and%20Statistics%20Essays%20in%20Honor%20of%20Harold%20Hotelling>
32. Krithikadatta J, Gopikrishna V, Datta M. CRIS Guidelines (Checklist for Reporting In-vitro Studies): a concept note on the need for standardized guidelines for improving quality and transparency in reporting in-vitro studies in experimental dental research. J Conserv Dent. 2014;17(4):301-304. doi:10.4103/0972-0707.136338. Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25125839/>
33. Al-Angari SS, Meaigel S, Almayouf N, Quwayhis S, Aldahash A, Al-Angari NS. The effects of a coffee beverage and whitening systems on surface roughness and gloss of CAD/CAM lithium disilicate glass ceramics. J Appl Biomater Funct Mater. 2021;19:22808000211058866. doi:10.1177/22808000211058866. Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34816765/>
34. Fujioka K, Shibamoto T. Chlorogenic acid and caffeine contents in various commercial brewed coffees. Food Chem. 2008;106(1):217-221. doi:10.1016/j.foodchem.2007.05.091. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814607005316>
35. Moon JK, Yoo HS, Shibamoto T. Role of roasting conditions in the level of chlorogenic acid content in coffee beans: correlation with coffee acidity. J Agric Food Chem. 2009;57(12):5365-5369. doi:10.1021/jf900012b. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19530715/>
36. Rao NZ, Fuller M. Acidity and antioxidant activity of cold brew coffee. Sci Rep. 2018;8(1):16030. doi:10.1038/s41598-018-34392-w. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-34392-w>
37. Kang SH, Chang J, Son HH. Flexural strength and microstructure of two

lithium disilicate glass ceramics for CAD/CAM restoration in the dental clinic. Restor Dent Endod. 2013;38(3):134-140. doi:10.5395/rde.2013.38.3.134. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24010079/>

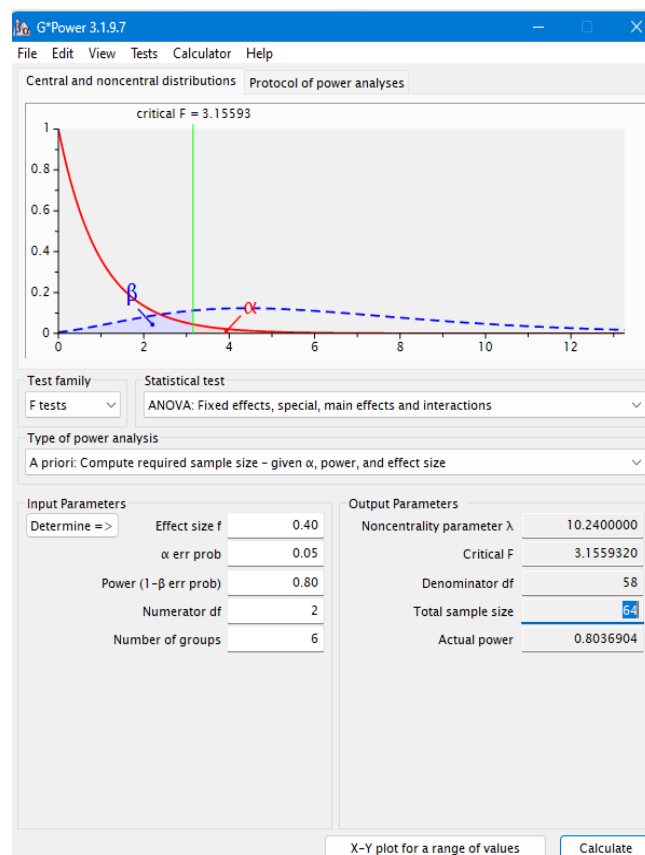
38. Lien W, Roberts HW, Platt JA, Vandewalle KS, Hill TJ, Chu TMG. Microstructural evolution and physical behavior of a lithium disilicate glass-ceramic. Dent Mater. 2015;31(8):928-940. doi:10.1016/j.dental.2015.05.003. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26076831/>

ANEXOS

Anexo 1. Cálculo del tamaño muestral mediante el software G*Power 3.1.9.7

Se realizó el cálculo del tamaño muestral con el software G*Power versión 3.1.9.7. Para ello, se utilizó un análisis a priori de pruebas F, bajo el modelo ANOVA de efectos fijos, efectos principales e interacción, en concordancia con el diseño factorial de la investigación.

En este cálculo se consideraron un tamaño del efecto $f = 0.40$, un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, una potencia estadística $(1-\beta) = 0.80$, 2 grados de libertad en el numerador y 6 grupos experimentales. A partir de estos parámetros, el programa estimó un tamaño muestral total de 64 especímenes, con una potencia real de 0.8036904.



Sin embargo, para conservar una distribución equilibrada entre todos los grupos experimentales, se optó por trabajar con 66 especímenes, es decir, 11 por grupo. Posteriormente, dado que las pruebas de microdureza y resistencia a la flexión se realizaron en especímenes diferentes, el número de muestras se duplicó, obteniéndose así un total de 132 especímenes para el desarrollo integral del estudio.

Anexo 2. Composición de los materiales empleados en la experimentación

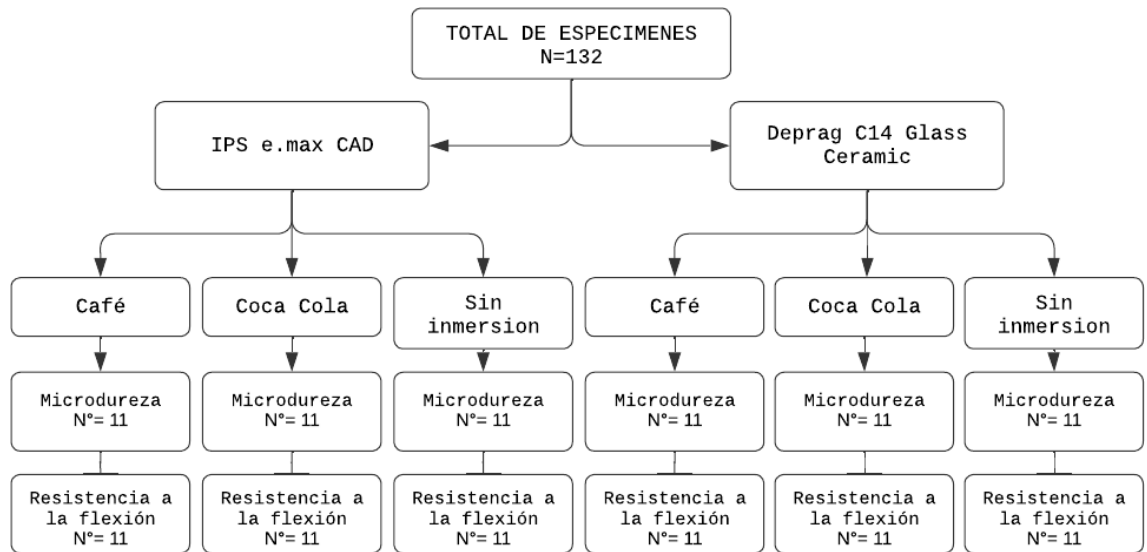
Resumen de las características generales de los materiales cerámicos CAD/CAM empleados en la investigación, considerando su nombre comercial, fabricante, tipo de material, composición química reportada y lugar de fabricación.

Material	Fabricante	Tipo	Composición reportada	Lugar de fabricación
IPS e.max® CAD (22)	Ivoclar Vivadent, Liechtenstein	Disilicato de litio (cerámica vítrea)	SiO ₂ , Li ₂ O, K ₂ O, MgO, Al ₂ O ₃ y P ₂ O ₅	Schaan, Liechtenstein
Deprag C14 Glass Ceramic (23)	Deprag Dental	Disilicato de litio (cerámica vítrea)	SiO ₂ , Li ₂ O, ZrO ₂ , K ₂ O y Na ₂ O	Zhengzhou, provincia de Henan, China

Fuente: *Elaboración propia a partir de la información técnica reportada por los fabricantes.*

Anexo 3. Grupos y subgrupos por ensayo

A) Distribución de los especímenes por ensayo, medio de inmersión y marca de disilicato de litio CAD/CAM.



Fuente: *Elaboración propia*

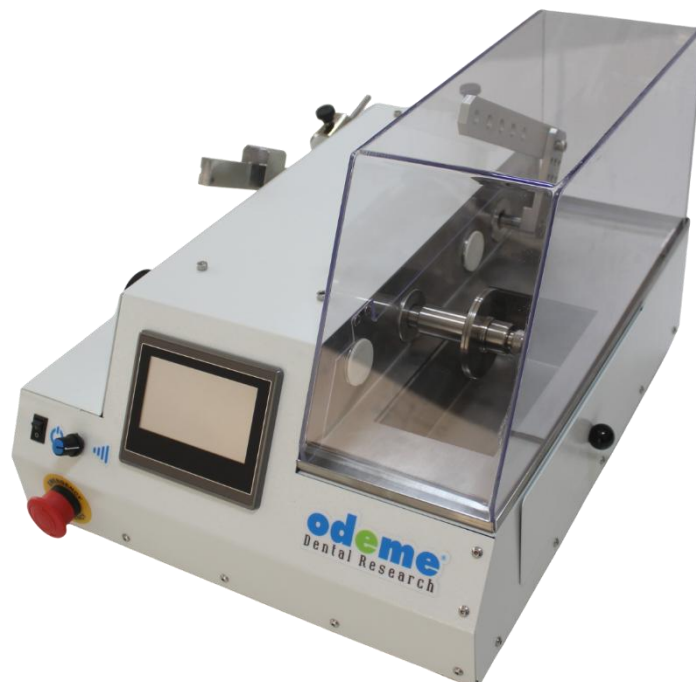
Anexo 4. Elaboración y procesamiento de especímenes.

Anexo 4.1. Seccionamiento de los especímenes

A) Disco diamantado ISOMET BLADE 15LC 4IN, 102 mm (Buehler, USA).



B) Máquina de corte de diamante de precisión (Odeme Dental Research, Joaçaba, SC, Brasil).



C) Bloques cerámicos utilizados: IPS e.max® CAD de Ivoclar Vivadent (lotes YBD2L3 y YBC34D) y Deprag C14 Glass Ceramic (lotes 25040307-01 y 26041307-01). Todos los bloques se adquirieron en la presentación A2/LT/C14.

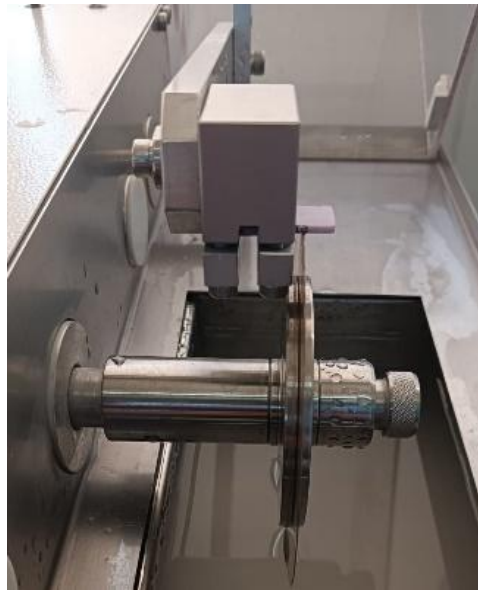
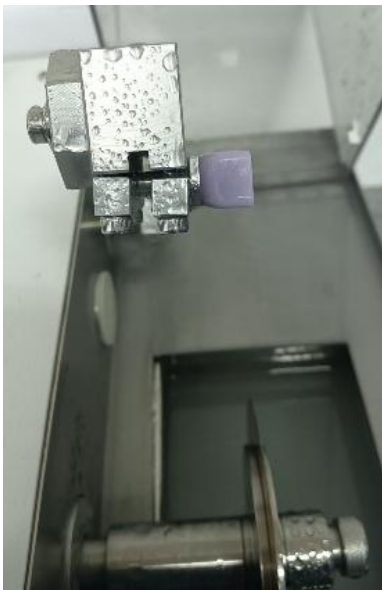
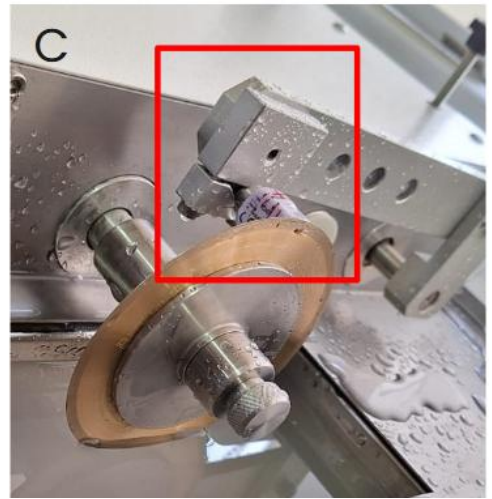
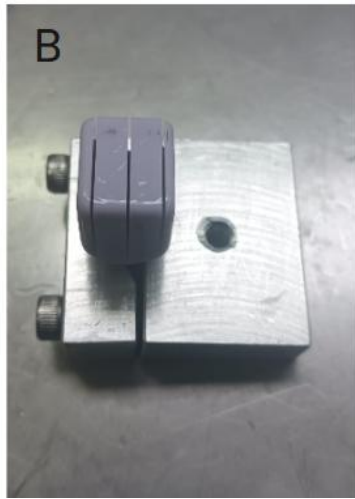
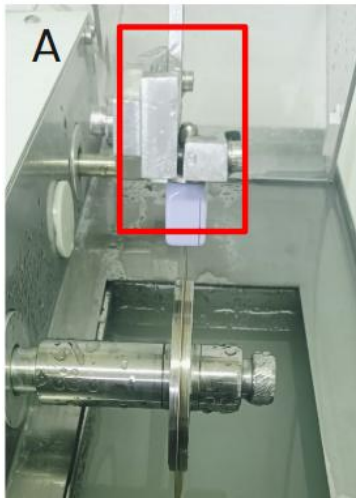


D) Mediciones previas de los bloques cerámicos CAD/CAM antes del corte (tomando en cuenta el grosor del disco de 0.35 mm).



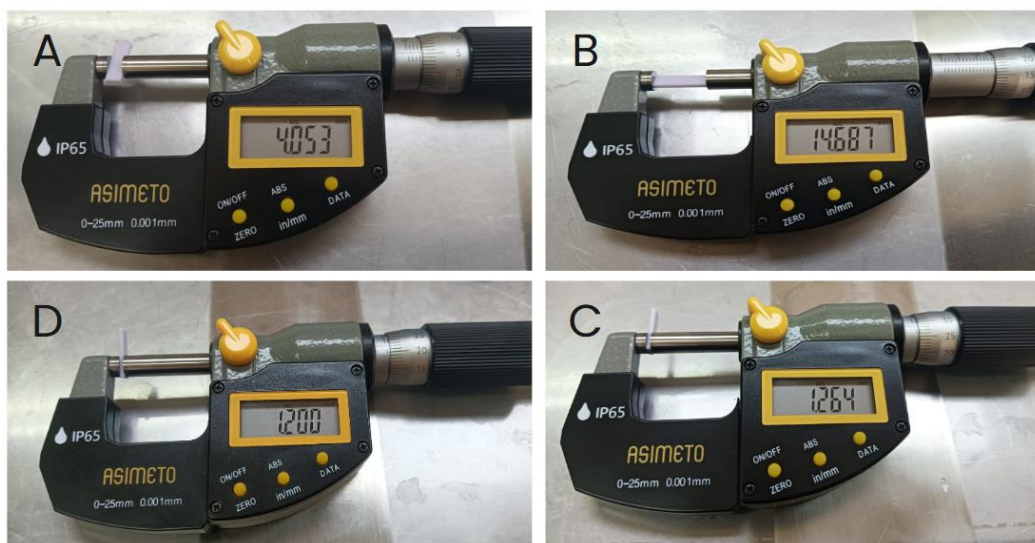
E) Seccionamiento de las muestras (Se utilizaron adaptadores de la propia máquina y un adaptador adicional en forma de L, confeccionado para facilitar el posicionamiento de los bloques cerámicos CAD/CAM durante el seccionamiento.).



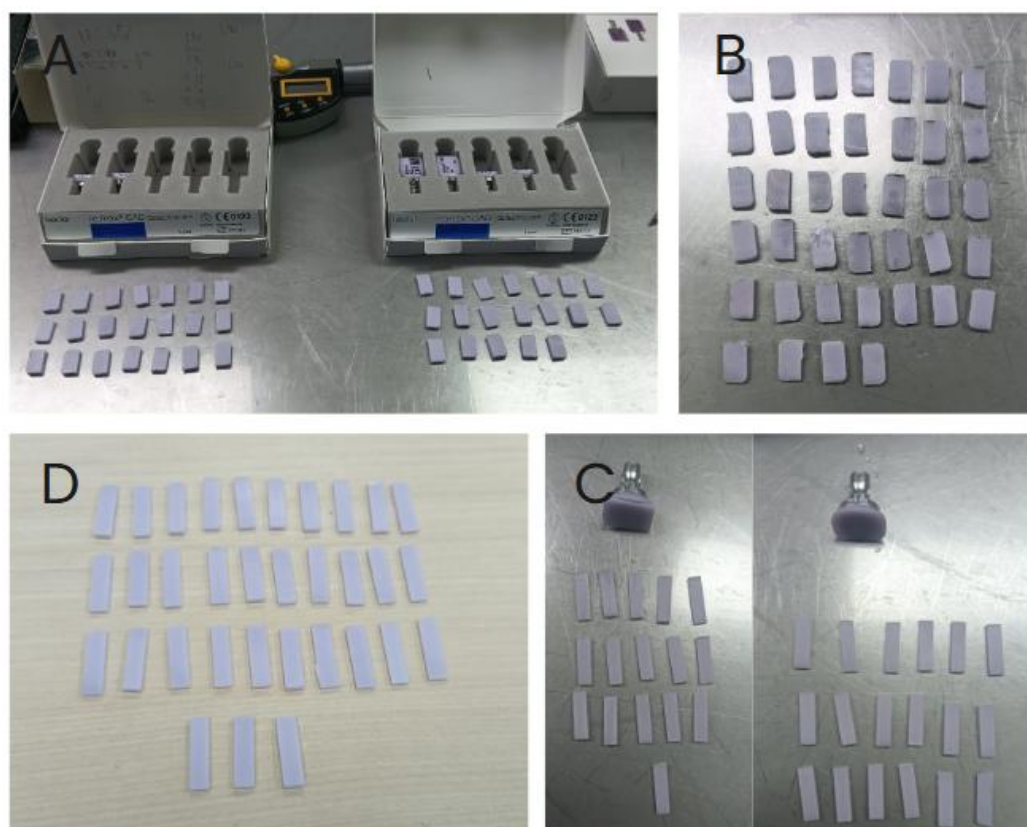


Anexo 4.2. Verificación dimensional de las muestras

A) Con un calibrador digital (Asimeto IP65) se midieron las muestras obtenidas.

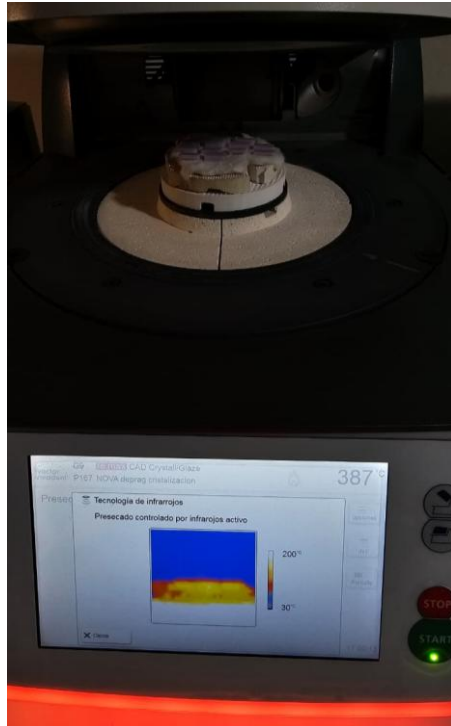


B) Obtención de las muestras seccionadas.



Anexo 4.3. Procesamiento de las muestras

A) Proceso de cristalización térmica en horno Programat EP5000.



B) Sistema de acabado y pulido (OptraFine® Ivoclar Vivadent).



C) Verificación dimensional posterior a la cristalización, el acabado y el pulido de las muestras.



Anexo 5. Inmersión

Anexo 5.1. Soluciones de uso cotidiano

A) Cafetera Oster®, café Nescafé® Classic y botellas de Coca-Cola® utilizadas para cada recambio del medio de inmersión.



B) Preparación de la solución de café utilizada en el estudio: 10 g de café en 600 mL de agua.



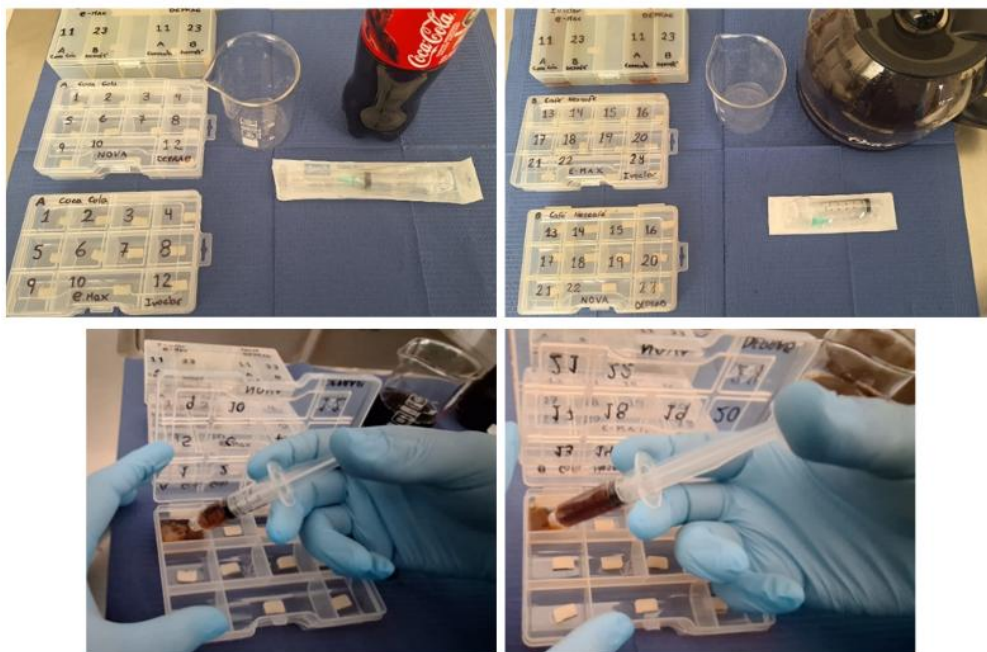


Anexo 5.2. Aplicación de los medios de inmersión en los especímenes.

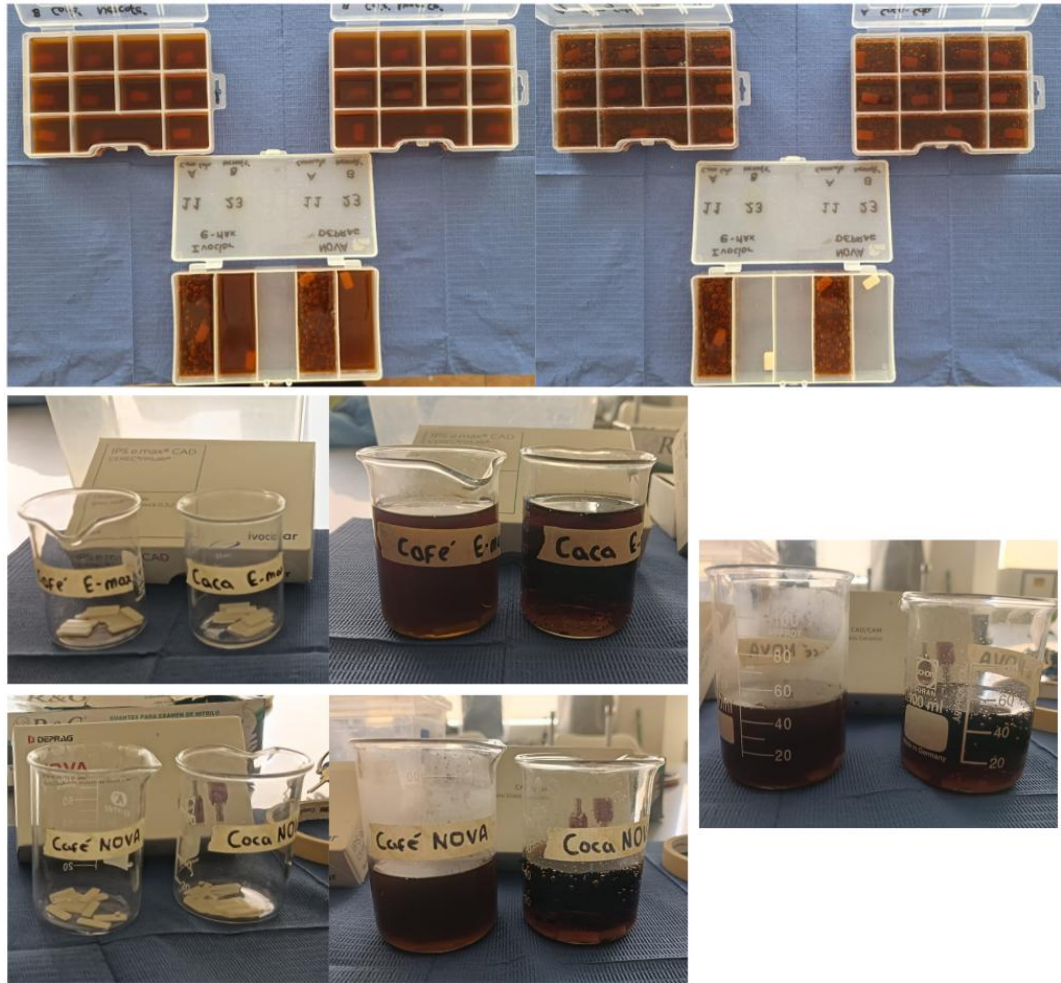
A) Muestras en sus respectivos envases rotulados.



B) Aplicación de los medios de inmersión con jeringas hipodérmicas y vasos de ensayo directamente en los recipientes de los especímenes.



C) Envases y recipientes con los medios de inmersión: café Nescafé® Classic y Coca-Cola®.

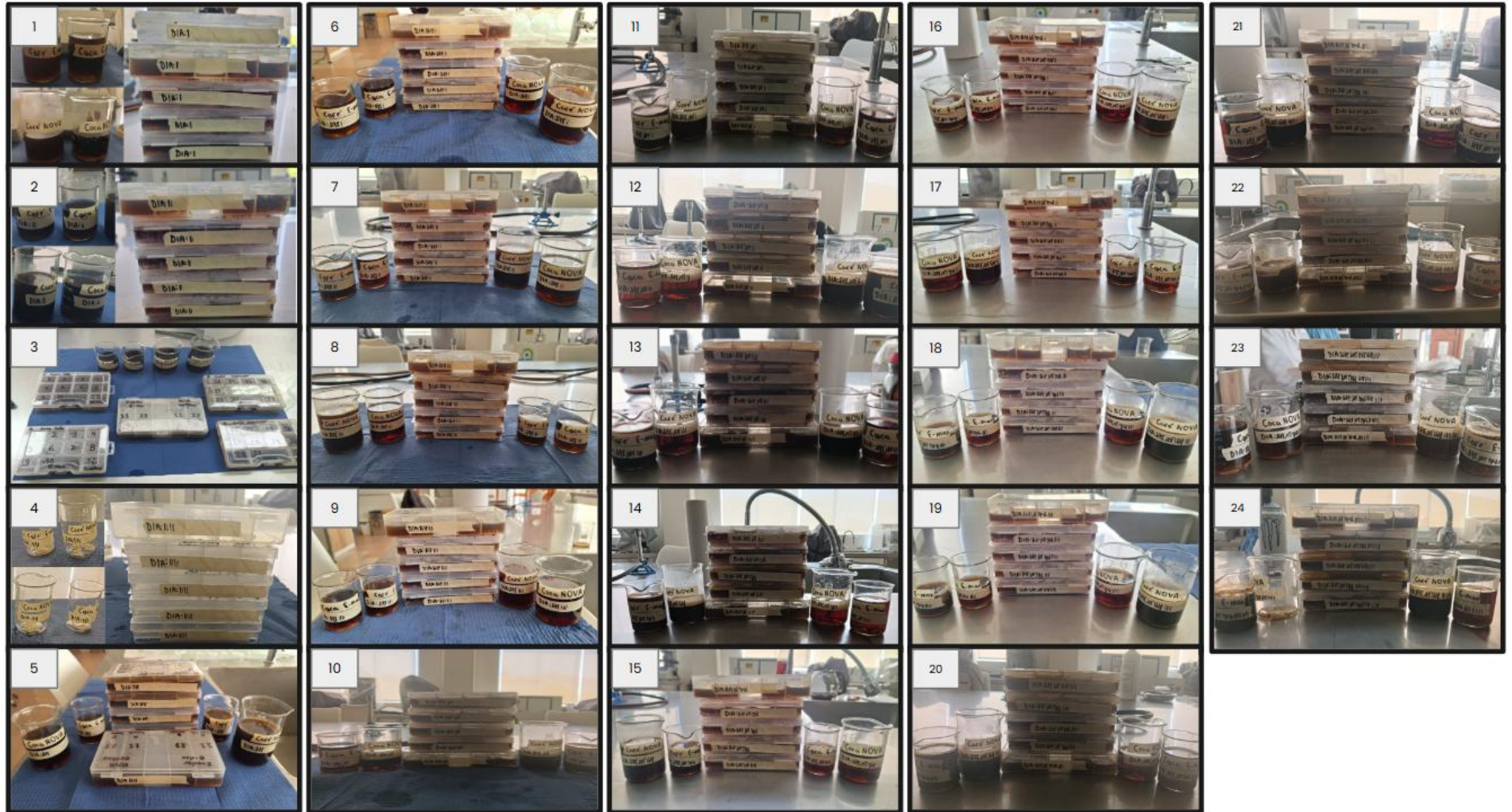


Anexo 5.3. Almacenamiento durante 24 días

A) Almacenamiento de las muestras en una incubadora Ecocell® (H.W. Kessel S.A., República Checa).



B) Las muestras se almacenaron durante 24 días, con recambio del medio de inmersión cada 24 horas, de acuerdo con el protocolo experimental del estudio.



Anexo 6. Mediciones y ensayos

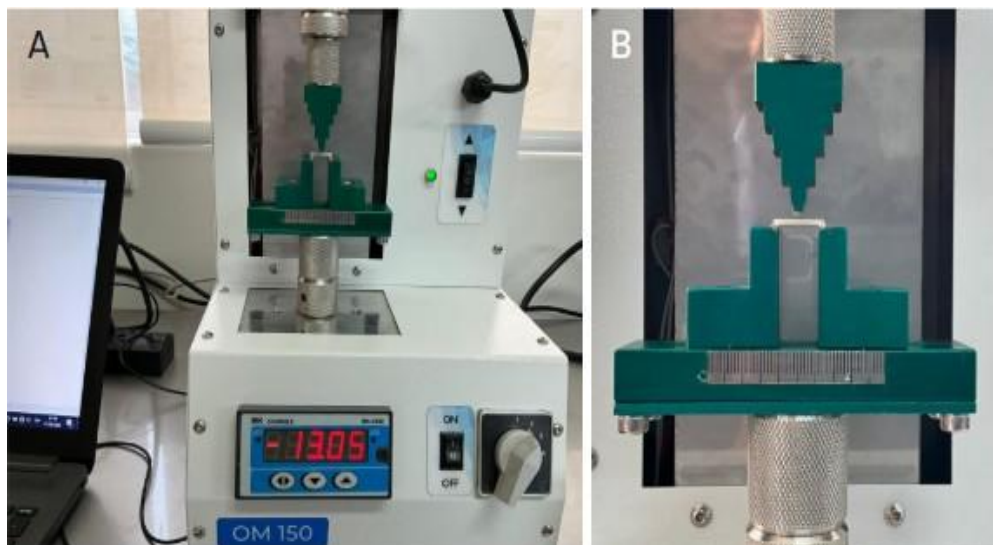
Anexo 6.1. Prueba de microdureza

Ensayo de microdureza Vickers. (A) Microdurómetro Vickers AMH55, LECO, St. Joseph, MI, USA. (B) Registro de las tres mediciones de microdureza en especímenes de Deprag C14 Glass Ceramic. (C) Registro de microdureza en especímenes de IPS e.max® CAD.



Anexo 6.2. Prueba de resistencia a la flexión

Ensayo de resistencia a la flexión en tres puntos. (A) Máquina universal de ensayos OM 150, Odeme Dental Research, Joaçaba, SC, Brasil. (B) Distancia entre apoyos de 12 mm.



Anexo 7. Base de datos para cada ensayo

Anexo 7.1. Base de datos para microdureza en Excel

ENSAYO DE MICRODUREZA VICKERS (VHN)										
Nº	Medio de inmersión	Deprag C14 Glass Ceramic				Nº	IPS e.max® CAD			
		M1	M2	M3	$\bar{x}$		M1	M2	M3	$\bar{x}$
67	Coca-Cola®	529	549	565	547.67	100	504	549	561	538.00
68		456	516	531	501.00	101	572	578	500	550.00
69		410	503	452	455.00	102	511	455	520	495.33
70		554	491	515	520.00	103	535	566	534	545.00
71		492	484	489	488.33	104	525	495	511	510.33
72		515	461	521	499.00	105	426	589	569	528.00
73		514	489	462	488.33	106	499	560	565	541.33
74		579	533	460	524.00	107	569	594	565	576.00
75		453	471	550	491.33	108	559	546	563	556.00
76		483	501	423	469.00	109	500	572	535	535.67
77		481	495	495	490.33	110	474	543	540	519.00
78	Café	492	491	492	491.67	111	472	444	487	467.67
79		401	499	431	443.67	112	482	495	516	497.67
80		454	486	486	475.33	113	507	499	490	498.67
81		488	495	467	483.33	114	517	492	499	502.67
82		408	320	466	398.00	115	497	504	496	499.00
83		426	452	442	440.00	116	516	530	492	512.67
84		484	456	474	471.33	117	520	501	503	508.00
85		481	465	466	470.67	118	502	516	506	508.00
86		475	450	467	464.00	119	506	505	491	500.67

87		471	460	494	475.00	120	478	471	462	470.33
88		465	450	458	457.67	121	462	489	456	469.00
89	Sin inmersión	560	511	613	561.33	122	577	578	590	581.67
90		524	585	580	563.00	123	551	572	538	553.67
91		580	539	575	564.67	124	578	551	530	553.00
92		395	490	403	429.33	125	628	556	528	570.67
93		525	576	525	542.00	126	545	502	599	548.67
94		508	583	556	549.00	127	551	595	562	569.33
95		583	564	533	560.00	128	636	567	610	604.33
96		588	650	668	635.33	129	591	630	621	614.00
97		643	665	593	633.67	130	553	583	586	574.00
98		581	528	608	572.33	131	621	646	626	631.00
99		619	595	605	606.33	132	618	617	619	618.00

Anexo 7.2. Base de datos para resistencia a la flexión en Excel

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (MPa)				
Nº	Medio de inmersión	Deprag C14 Glass Ceramic	Nº	IPS e.max® CAD
1	Coca-Cola®	256.20	34	337.41
2		351.81	35	335.88
3		343.54	36	337.41
4		427.82	37	342.62
5		318.72	38	296.96
6		359.17	39	342.01
7		264.17	40	374.49
8		299.10	41	384.60
9		295.12	42	331.89
10		405.14	43	271.52
11		323.93	44	448.04
12	Café	334.35	45	254.97
13		347.22	46	373.27
14		365.91	47	269.99
15		285.31	48	323.93
16		245.17	49	241.80
17		330.68	50	329.14
18		349.06	51	224.94
19		258.65	52	416.48
20		329.75	53	262.33

21		212.99	54	385.52
22		352.73	55	361.31
23	Sin inmersión	379.72	56	311.07
24		300.04	57	345.70
25		368.38	58	482.69
26		409.65	59	415.27
27		338.96	60	415.57
28		321.18	61	350.91
29		413.43	62	413.94
30		313.52	63	416.49
31		336.81	64	352.13
32		341.10	65	396.57
33		311.38	66	382.17

Anexo 8. Evaluación del docente dictaminador de proyecto A-3

	Universidad Privada de Tacna	Decanato de la FACSA	CODIGO: FACSA/UIF/UPT
	Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para grado de bachiller y título profesional		VERSIÓN: 2
			HOJA: DE:

FORMATO A-3

EVALUACIÓN DEL DOCENTE DICTAMINADOR DE PROYECTO

Nombres y apellidos del docente dictaminador	Dr. Sandra Ximena Loayza Ortiz
Nombre y Apellido del estudiante	Josue Lucas Sebastian Saldaña Machicado
Fecha de entrega:	13-03-25
Fecha de evaluación:	13-03-25
Título del Proyecto:	Efecto de dos bebidas de uso cotidiano sobre la microdureza y resistencia a la flexión de dos marcas comerciales de disilicato de litio CAD/CAM – Estudio In vitro

1. Aspectos de contenido

Utilice la siguiente escala para matizar su respuesta en cada una de los aspectos a evaluar sobre el proyecto:

	1 Deficiente	2 Regular	3 Aceptable	4 Bueno	5 Excelente
Originalidad e interés del tema ¿El proyecto es de Interés para la comunidad Académica o profesional?				X	
Pertinencia y vigencia de la literatura revisada ¿Se presenta una adecuada contextualización y fundamentación del tema de estudio o revisión?				X	
Metodología, antecedentes y justificación de su uso, pertinencia (si aplica) ¿Se incluyen todos los aspectos de interés del tema de estudio o revisión?				X	
Referencias bibliográficas ¿La bibliografía revisada es actualizada y siguen las Normas de Vancouver?				X	

	Universidad Privada de Tacna	Decanato de la FACSA	CODIGO: FACSA/UIF/UPT
	Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para grado de bachiller y título profesional		VERSIÓN: 2
			HOJA: DE:

Viabilidad del proyecto de Investigación

Marque con una X su recomendación

Favorable puede continuar con la ejecución,

X

Favorable, debe levantar sugerencias

No viable, debe presentar nuevo proyecto

Conflicto de Interés

Certifico que, como docente dictaminador, no presento ningún impedimento o conflicto de interés para realizar la evaluación de este artículo.

X

2. Detalle de sugerencias



Docente Dictaminador

Anexo 9. Resolución de aprobación de proyecto de investigación



UPT
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

RESOLUCION N° 189-2025-UPT/FACSA-D Tacna, 21 de marzo del 2025

VISTA:

La solicitud presentada por el estudiante **SALDAÑA MACHICADO, Josué Lucas Sebastián** solicitando la inscripción de su Proyecto de Tesis; y

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 057-2019-UPT-CU de fecha 08 de abril del 2019 se Ratifica en vías de regularización la Resolución N° 038-2018-UPT/FACSA-CF de fecha 26 de noviembre del 2018, que aprobó el Reglamento para la obtención del Grado Académico de Bachiller, Título Profesional y Título de Segunda Especialidad de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Privada de Tacna,

Que, mediante Resolución N° 058-2019-UPT-CU de fecha 08 de abril del 2019, se Ratifica en vías de regularización la Resolución N° 039-2018-UPT/FACSA-CF de fecha 26 de noviembre del 2018, que aprobó el Manual de Normas y Procedimientos de Trabajos de Investigación para la obtención del Grado Académico de Bachiller, Título Profesional y Título de Segunda Especialidad de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Privada de Tacna,

Que mediante OFICIO Nro. 00036-2025-UPT-UI-FACSA de fecha 21 de marzo del 2025, el Coordinador de la Unidad de Investigación de la FACSA, remite el trabajo académico titulado **"EFECTO DE DOS BEBIDAS DE USO COTIDIANO SOBRE LA MICRODUREZA Y RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE DOS MARCAS COMERCIALES DE DISILICATO DE LITIO CAD/CAM – ESTUDIO IN VITRO"** así como la conformidad de revisión del jurado dictaminador a la Mag. Sandra Ximena Loayza Ortiz y declarándolo APTO para su ejecución,

Que, el estudiante **SALDAÑA MACHICADO, Josué Lucas Sebastián**, ha cumplido con los pasos establecidos en el Artículo 11 del Manual de Normas y Procedimientos de Trabajos de Investigación para la obtención del Grado Académico de Bachiller, Título Profesional y Título de Segunda Especialidad de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Privada de Tacna, por lo que es procedente la Inscripción y autorización de Ejecución del Proyecto de Investigación.

Que, estando a las atribuciones conferidas al señor Decano por el Artículo 51° del Estatuto y Artículo 68° del Reglamento General de la Universidad Privada de Tacna;

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- INSCRIBIR Y AUTORIZAR LA EJECUCIÓN del trabajo académico titulado **"EFECTO DE DOS BEBIDAS DE USO COTIDIANO SOBRE LA MICRODUREZA Y RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE DOS MARCAS COMERCIALES DE DISILICATO DE LITIO CAD/CAM – ESTUDIO IN VITRO"** Presentado por el estudiante **SALDAÑA MACHICADO, Josué Lucas Sebastián**, teniendo como asesor al Mg. José Giancarlo Tozo Burgos.

ARTICULO SEGUNDO.- La Secretaría Académico – Administrativa de la Facultad, adoptará las acciones pertinentes para viabilizar lo dispuesto en el Artículo anterior.

Regístrese, comuníquese y archívese.

Firmado por MARCO
CARLOS ALEJANDRO
RIVAROLA HIDALGO
Cargo: DECANO DE LA
FACULTAD DE CIENCIAS
DE LA SALUD
Empresa: UNIVERSIDAD
PRIVADA DE TACNA
Fecha/Hora: 26-03-2025
07:49:43

C.c.: Unidad de Investigación FACSA, Interesado, SAA, Archivo

Anexo 10. Aprobación por el CEI (FACSA – CEI / 025 – 03 – 2025)

FACSA-CEI/025-03-2025

Tacna, 18 de marzo de 2025

Investigador:

Josue Lucas Saldaña Machicado

Asesor:

José Giancarlo Tozo Burgos

Presente. -

PI 025-25: "Efecto de dos bebidas de uso cotidiano sobre la microdureza y resistencia a la flexión de dos marcas comerciales de disílcat de litio CAD/CAM – Estudio In vitro"

Estimado Investigador:

Hemos recibido el protocolo de investigación, que ha sido revisado en detalle. Luego de esta revisión el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Ciencias de la Salud ha determinado que su proyecto de investigación está **APROBADO CON RECOMENDACIONES**

- Verificar el cálculo de muestra, ya que se empleó un anova de medidas repetidas y no es el diseño que empleará para su análisis.

Se les solicita informar al Comité sobre cualquier cambio en el protocolo posterior a este dictamen. Del mismo modo, ante la aparición de cualquier evento o efecto – previsible que comprometa la integridad y bienestar del equipo de investigación durante el curso de su ejecución, estos deben ser también informados al Comité. Nos reservamos el derecho de supervisar de manera inopinada la progresión de la investigación en cualquier momento y bajo cualquier modalidad. Nos permitimos recordar a los investigadores que la ejecución de un proyecto de investigación sin una aprobación ética vigente es una falta grave, la cual puede ser sancionada con el cierre definitivo del estudio e imposibilidad de utilizar cualquier dato recolectado o generado en el mismo.

Esta aprobación tiene una duración de 18 meses a partir de la fecha de emisión de este documento. **Al término de la ejecución, el investigador deberá emitir un informe de cierre de proyecto, según los formatos del CEI.**

Sin otro particular, quedo de ustedes,



Dr. Marco A. Sánchez Tito
Presidente del Comité de Ética en Investigación
Facultad de Ciencias de la Salud



UPT

Universidad Privada de
Tacna

Avenida Jorge Basadre
Graham s/n
Campus Capanique,
Tacna, Perú
Tel: +51 52 427212
www.upt.edu.pe

Dr. Marco Antonio
Sánchez Tito
Presidente

Méd. Brayan Miranda
Chávez
Secretario Técnico

Dra. Cecilia Montesinos
Valencia
Miembro Titular

Dr. Edgar Parihuana
Travezaño
Miembro Titular

Méd. César Copaja
Corzo
Miembro Titular

Mag. Lisett Aguirre
Montesinos
Miembro Titular

Mag. Gerson Gómez
Zapana
Miembro Titular

Mag. José Tozo Burgos
Miembro Titular

Mag. Mercy Merejildo
Vera
Miembro Titular

FACSA-CEI/ 100-06-2025

Tacna, 24 de junio de 2025

Investigador:

Josue Saldaña Machicado

Asesor:

José Giancarlo Tozo Burgos

Presente, -

PI 100-25: "Efecto de dos bebidas de uso cotidiano sobre la microdureza y resistencia a la flexión de dos marcas comerciales de disilicato de litio CAD/CAM – Estudio In vitro"

El presidente del Comité de Ética en Investigación (CEI) de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Privada de Tacna hace constar que el Comité aprobó la ENMIENDA del proyecto de la referencia.

Protocolo de Investigación, versión recibida 21-06-2025

La enmienda/modificación corresponde a los siguientes detalles:

1. Cambio de ajuste en el tamaño de muestra: de 48 muestras por prueba a 66 muestras por prueba (total: 132)
2. Cambio del gráfico de distribución de muestras: Debido a que el cálculo de muestra cambio los valores y distribución de las muestras cambiaron
3. Cambio en el apartado de fabricación de especímenes: de "Se preparan 48 especímenes de cada marca de disilicato de litio" a "Se preparan 66 especímenes de cada marca de disilicato de litio, adicional se añadió especificaciones respecto al disco de corte"
4. Cambio en el tamaño de muestra: de $14 \times 4 \times 1.2 \text{ mm}^3$ a $9 \times 9 \times 2 \text{ mm}^3$

Sin otro particular, quedo de ustedes,



Dr. Marco A. Sánchez Tito
Presidente del Comité de Ética en Investigación
Facultad de Ciencias de la Salud



UPT

Universidad Privada de Tacna

Avenida Jorge Basadre
Graham s/n
Campus Capanique,
Tacna, Perú
Tel: +51 52 427212
www.upt.edu.pe

Dr. Marco Antonio
Sánchez Tito
Presidente

Méd. Brayan Miranda
Chávez
Secretario Técnico

Dra. Cecilia Montesinos
Valencia
Miembro Titular

Dr. Edgar Parihuana
Travezano
Miembro Titular

Méd. César Copaja
Corzo
Miembro Titular

Mag. Lisett Aguirre
Montesinos
Miembro Titular

Mag. Gerson Gómez
Zapana
Miembro Titular

Mag. José Tozo Burgos
Miembro Titular

Mag. Mercy Morejildo
Vera
Miembro Titular

Anexo 11. Boletas de pago para uso de laboratorio



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
Av. Bolognesi N° 1177
Tacna - Perú
Central Telefónica 052-427212

RUC: 20119917698

BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA

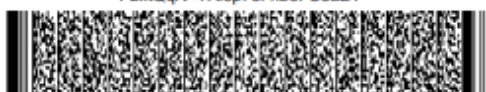
BE26 - 00034902

Cliente	: SALDAÑA MACHICADO, Josue Lucas Sebastian	Fecha Emisión	: 2025-10-15	Moneda	: SOLES
Facultad / Escuela Profesional	: FACSA	RUC - DNI	: 72689899	Periodo	: 2025
Escuela Profesional de Odontología		Código	: 2020067679		
Observaciones	: 2065202359 - Registrado por: WRK-PASARELA				
Modalidad	: CREDITO			Fecha Pago	: 23/10/2025

CANTIDAD	CÓDIGO	CONCEPTO	UM	VU	DCTO	MONTO
54.00	15719	ENSAYO DE MICRODUREZA POR MUESTRA	ZZ	20.00	0.00	1 080.00
Son : UN MIL OCHENTA CON 00/100 SOLES						

OP. Gravadas	OP. Gratuitas	OP. Exoneradas	OP. Inafectas	IGV - 18.00%	Importe Total
S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 1 080.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 1 080.00

PzIfnQqrv+7Ai6p78Fhb3FC5aEY=



Autorizado mediante resolución N° 112-005-0000083/SUNAT

Representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica

Para Consultar ingrese a: www.upi.edu.pe



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
 Av. Bolognesi N° 1177
 Tacna - Perú
 Central Telefónica 052-427212

RUC: 20119917698

BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA

BE26 - 00034901

Cliente	: SALDAÑA MACHICADO, Josue Lucas Sebastian	Fecha Emisión	: 2025-10-15	Moneda	: SOLES
Facultad / Escuela Profesional	: FACSA	RUC - DNI	: 72689899	Periodo	: 2025
Escuela Profesional de Odontología		Código	: 2020067679		
Observaciones	: 2065415770 - Registrado por: WRK-PASARELA				
Modalidad	: CREDITO			Fecha Pago	: 23/10/2025

CANTIDAD	CÓDIGO	CONCEPTO	UM	VU	DCTO	MONTO
54.00	15715	ENSAYO DE	ZZ	20.00	0.00	1 080.00
Son : UN MIL OCHENTA CON 00/100 SOLES						

OP. Gravadas	OP. Gratuitas	OP. Exoneradas	OP. Inafectas	IGV - 18.00%	Importe Total
S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 1 080.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 1 080.00

1bXmWlnkkqwaq4ZBdv0ytiNvIM=



Autorizado mediante resolución N° 112-005-0000083/SUNAT

Representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica

Para Consultar ingrese a: www.upt.edu.pe



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
Av. Bolognesi N° 1177
Tacna - Perú
Central Telefónica 052-427212

RUC: 20119917698

BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA

BE26 - 00034892

Cliente	: SALDAÑA MACHICADO, Josue Lucas Sebastian	Fecha Emisión	: 2025-10-15	Moneda	: SOLES
Facultad / Escuela Profesional	: FACSA	RUC - DNI	: 72689899	Periodo	: 2025
Escuela Profesional de Odontología		Código	: 2020067679		
Observaciones	: 2065920614 - Registrado por: WRK-PASARELA				
Modalidad	: CREDITO			Fecha Pago	: 22/10/2025

CANTIDAD	CÓDIGO	CONCEPTO	UM	VU	DCTO	MONTO
10.00	15957	Ensayo de Corte Múltiple de Precisión por muestra	ZZ	20.00	0.00	200.00
Son : DOSCIENTOS CON 00/100 SOLES						

OP. Gravadas	OP. Gratuitas	OP. Exoneradas	OP. Inafectas	IGV - 18.00%	Importe Total
Si. 0.00	Si. 0.00	Si. 200.00	Si. 0.00	Si. 0.00	Si. 200.00

6P0QJeZsMSzTO1pn53pwRndjI+Q=



Autorizado mediante resolución N° 112-005-0000083/SUNAT
Representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica
Para Consultar ingrese a: www.upf.edu.pe