



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

RESISTENCIA A LA FUERZA COMPRESIVA DEL YESO TIPO IV DE USO ODONTOLÓGICO UTILIZANDO AGUA EN DIFERENTES CONCENTRACIONES DE PH

**Línea de investigación:
Biomateriales**

Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Autora

Guzman Aparicio, Fiorella del Carmen

Asesor

Mendoza Barreto, Flor Milagros

ORCID: 0000-0002-5734-1936

Jurado

Castro Perez Vargas, Antonieta Mercedes

Alvitez Temoche, Daniel Augusto

Alayo Canales, Cecilia Magali

Lima - Perú

2025

RESISTENCIA A LA FUERZA COMPRESIVA DEL YESO TIPO IV DE USO ODONTOLÓGICO UTILIZANDO AGUA EN DIFERENTES CONCENTRACIONES DE PH

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%	17%	1%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	3%
3	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
5	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
6	de.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1%
8	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	www.medigraphic.com Fuente de Internet	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

RESISTENCIA A LA FUERZA COMPRESIVA DEL YESO TIPO IV DE USO
ODONTOLÓGICO UTILIZANDO AGUA EN DIFERENTES CONCENTRACIONES DE
PH

Línea de Investigación:

Biomateriales

Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Autora

Guzman Aparicio, Fiorella del Carmen

Asesora

Mendoza Barreto Flor Milagros

ORCID: 0000-0002-5734-1936

Jurado

Castro Perez Vargas, Antonieta Mercedes

Alvitez Temoche, Daniel Augusto

Alayo Canales, Cecilia Magali

Lima – Perú

2025

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor y apoyo constante en cada paso de mi camino.

A mi querida Sra Mashita, por su compañía durante las largas noches de estudio, aunque ya no estés físicamente a mi lado, te llevaré siempre en mi corazón.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por permitirme llegar hasta este momento.

A mis padres, por estar presentes durante todo este desarrollo y no dejar de motivarme.

A mis amigos por guiarme y apoyarme en este proyecto, han sido fundamentales brindándome sus conocimientos y experiencia.

ÍNDICE

RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción y formulación del problema	2
1.2. Antecedentes.....	3
<i>1.2.1. Antecedentes internacionales</i>	3
<i>1.2.2. Antecedentes nacionales</i>	4
1.3. Objetivos.....	5
<i>1.3.1. Objetivo general</i>	5
<i>1.3.2. Objetivos específicos</i>	5
1.4. Justificación.....	6
<i>1.4.1. Justificación teórica</i>	6
<i>1.4.2. Justificación práctica</i>	6
1.5. Hipótesis	7
II. MARCO TEÓRICO	8
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	8
<i>2.1.1. Yesos odontológicos</i>	8
<i>2.1.2. Propiedades mecánicas de los yesos participantes en la investigación</i>	10
<i>2.1.3. El agua</i>	11
<i>2.1.4. Potencial de hidrógeno del agua</i>	12
III. MÉTODO	14
3.1. Tipo de investigación	14
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	14

3.3. Variables.....	14
3.3.1. <i>Variable independiente</i>	14
3.3.2. <i>Variable dependiente</i>	14
3.3.3. <i>Operacionalización de variables</i>	15
3.4. Población y muestra	15
3.4.1. <i>Población</i>	16
3.4.2. <i>Muestra</i>	16
3.4.3. <i>Criterios de selección</i>	17
3.5. Instrumentos	17
3.6. Procedimientos	17
3.7. Análisis de datos.....	20
3.8. Consideraciones éticas.....	21
IV. RESULTADOS	22
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	28
VI. CONCLUSIONES	31
VII. RECOMENDACIONES	32
VIII. REFERENCIAS	33
IX. ANEXOS	37
9.1. Anexo A.....	37
9.1.1. <i>Matriz de consistencia</i>	37
9.2. Anexo B.....	39
9.2.1. <i>Ficha de recolección de datos</i>	39
9.3. Anexo C.....	40
9.3.1. <i>Norma ISO 6873-2013</i>	40
9.4. Anexo D.....	41

9.4.1. Carta de presentación de presentación para uso del taller – Clínica de Rehabilitación Oral UNFV	41
9.5. Anexo E	43
9.5.1. Carta de presentación laboratorio HTL.....	43
9.6. Anexo F	44
9.6.1. Imágenes de ejecución de proyecto	44
9.7. Anexo G.....	49
9.7.1. Resultados.....	49
9.8. Anexo H.....	52
9.8.1. Ficha de calibración.....	52
9.9. Anexo I	54
9.9.1. Ficha técnica Zhermack Elite Rock Fast.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis descriptivo de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con un pH de 2.7	21
Tabla 2. Análisis descriptivo de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con un pH de 4.41	22
Tabla 3. Análisis descriptivo de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con un pH de 7.01	22
Tabla 4. Análisis descriptivo de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con un pH de 9.5	23
Tabla 5. Análisis descriptivo de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con un pH de 12.81	23
Tabla 6. Prueba de normalidad para evaluar la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con diferentes concentraciones de pH.....	25
Tabla 7. Comparación de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con diferentes concentraciones de pH	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Análisis descriptivo de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua en diferentes concentraciones de pH	25
Figura 2. Comparación de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua en diferentes concentraciones de pH	27

RESUMEN

Objetivo: Comparar la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua en diferentes concentraciones de pH. **Método:** El estudio fue experimental, transversal, cuantitativo y prospectivo. Se tuvo un tamaño de muestra de 45, dividido en 5 grupos de 9 muestras cilíndricas de 40 ± 0.4 mm x 20 ± 0.2 mm según la norma ISO 6873:2013. La resistencia compresiva se midió mediante un equipo de ensayos mecánicos. Se utilizó la prueba de análisis Kruskal Wallis para el análisis estadístico de pruebas no paramétricas. **Resultados:** Las medias obtenidas fueron de 23.564 MPa para el grupo 1: Muy ácido, 28.042 MPa para el grupo 2: Ácido, 24.486 MPa para el grupo 3: Neutro, 24.950 MPa para el grupo 4: Alcalino y 26.386 MPa para el grupo 5: Muy alcalino, no encontrándose diferencias significativas para los grupos estudiados ($p > 0.05$). **Conclusiones:** No se encuentran diferencias estadísticamente significativas en la resistencia compresiva de la muestra en los diferentes grupos; sin embargo, el grupo 2: Ácido (pH: 4.41) fue el que presentó mayor media de resistencia, mientras que el grupo 1: Muy ácido (pH: 2.7) presentó menor media de resistencia.

Palabras clave: yeso tipo IV, resistencia compresiva, pH del agua

ABSTRACT

Objective: Compare the compressive strength of dental plaster type IV using water at different pH concentrations. **Method:** The study was experimental, cross-sectional, quantitative and prospective. The sample size was 45, divided into 5 groups of 9 cylindrical samples of 40 ± 0.4 mm x 20 ± 0.2 mm according to ISO 6873:2013. The compressive strength was measured using mechanical testing equipment. The Kruskal Wallis analysis test was used for the statistical analysis of non-parametric tests **Results:** The average values obtained were 23.564 MPa for group 1: Very acidic, 28.042 MPa for group 2: Acidic, 24.486 MPa for group 3: Neutral, 24.950 MPa for group 4: Alkaline, and 26.386 MPa for group 5: Very alkaline. No significant differences were found between the groups studied ($p > 0.05$). **Conclusions:** No statistically significant differences were found in the compressive strength of the sample between the different groups; however, group 2: Acidic (pH: 4.41) had the highest average strength, while group 1: Very acidic (pH: 2.7) had the lowest average strength.

Keywords: type IV gypsum, compressive strength, water pH

I. INTRODUCCIÓN

En odontología, el yeso es un material importante para los procedimientos clínicos y de laboratorio, ya que permite la reproducción precisa de la anatomía intraoral de los pacientes, utilizándose para fines diagnósticos elaborando planes de tratamiento, protésicos en rehabilitación oral, confección de aparatos ortodónticos, entre otros (Priya et al., 2023).

Entre la variedad de yesos utilizados encontramos el yeso tipo IV, el cual es empleado mayormente en el área de rehabilitación oral para elaborar prótesis totales o parciales, puentes, coronas, incrustaciones y carillas; esto se debe a la precisión de este tipo de yeso que nos brinda propiedades idóneas para la realización de dichos procedimientos (Aljubori et al., 2020).

Es pertinente destacar las características físicas de este útil material, como la estabilidad dimensional que permite al modelo mantener sus medidas tridimensionales con el paso del tiempo sin alterarse; la microdureza superficial, que aumenta la resistencia al rayado durante la elaboración de las restauraciones definitivas; y la resistencia a la compresión, que permite obtener modelos que puedan ser capaces de resistir las fuerzas ejercidas sobre él durante los procesos en el laboratorio dental (Sanchez, 2022).

Estas características físicas del yeso tipo IV son esenciales debido a que permiten a los modelos definitivos obtenidos sean perdurables y no sufran de fracturas o deterioros que puedan conllevar a una mala adaptación del componente protésico en la cavidad oral (Vargas, 2021).

En el ámbito odontológico, la obtención de los modelos de trabajo definitivos, posterior a la impresión, es realizado mediante el vaciado con una mezcla homogénea resultante de la combinación del yeso tipo IV con un aditivo que en su mayoría suele ser agua potable (Barceló, 2024).

La importancia de obtener un producto de calidad obliga al odontólogo a realizar la preparación del yeso cumpliendo con estándares indicados por el fabricante; sin embargo, se

observa que no existe una correcta estandarización en el aditivo a usarse para la mezcla, por lo que es importante conocer si el pH de dicho aditivo podría afectar la resistencia a las fuerzas compresivas del producto.

1.1. Descripción y formulación del problema

Los yesos dentales desde su creación han sido utilizados para obtener modelos de estudio y modelos maestros sobre los cuales se diseñan las prótesis definitivas. Uno de los principales pasos a seguir es el vaciado del yeso en las impresiones de hidrocoloides o elastómeros de los cuales se obtiene una copia precisa de la estructura anatómica de la cavidad oral (Aljubori et al., 2020).

Los pasos para la elaboración del yeso, como por ejemplo la elección del tipo de yeso y la proporción de agua-polvo a usarse, son determinantes para un correcto producto ya que una variación en el tiempo de fraguado y en el tiempo de secado puede generar un modelo de yeso inexacto con una alta distorsión para la fabricación de prótesis dentales (Priya et al., 2023).

Una de las características físicas más destacadas de los yesos dentales es la resistencia a la compresión, ya que permite que el modelo sea capaz de soportar las fuerzas durante la fabricación de las prótesis definitivas. Esta característica está interrelacionada con la interacción agua-polvo y la cantidad de agua, las cuales se encuentran especificadas en la ficha técnica del yeso (Prakash et al., 2019).

En la adición del yeso a un disolvente, se conoce que el agua destilada presenta un pH neutro por lo que es considerada según investigaciones como una solución idónea para mezclar el yeso. A pesar de esto, en la práctica clínica, es común mezclar el yeso con el agua del grifo, la cual es variable en su composición de ésta, ya que depende de la ubicación y de su procesamiento, pudiendo esto generar una alteración en su composición y en su pH; y, por consiguiente, alterar las características físicas del yeso (Dos Santos, 2015).

Se ha realizado varios estudios que buscan diferenciar el agua según su procedencia o en su composición; sin embargo, no hay estudios que evalúen dicha diferenciación según el nivel de pH, pudiendo esto influir en las características físicas finales del yeso. Es por esto que llega a surgir la siguiente pregunta: ¿Existe diferencia significativa entre la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV utilizando agua en diferentes concentraciones de pH?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes internacionales

Singh et al. (2023) realizaron un estudio teniendo como objetivo evaluar la influencia del tipo de agua (destilada y del grifo) y las proporciones de agua y polvo en la dureza Brinell y la resistencia a la compresión de los yesos de tipo III y IV. Para realizar este estudio, se elaboraron tres grupos siendo el de control el que presenta la de proporción agua/polvo recomendado y los grupos de prueba aumentando del 20% y 30% en la proporción agua/polvo. Se demostró una reducción significativa en la resistencia a la compresión y la dureza Brinell en las muestras preparadas con mayores proporciones agua-polvo utilizando tanto agua del grifo como agua destilada.

Puspitasari et al. (2019) tienen un estudio el cual tuvo como objetivo analizar el efecto de la dureza de tres tipos de agua (de turba, del grifo y destilada) frente a la resistencia a la compresión del yeso dental tipo III. Para esto realizaron un estudio experimental donde compararon 3 grupos de 8 muestras cada una para el grupo experimental y de control (destilada). Los resultados del estudio mostraron una diferencia significativa en la resistencia a la compresión, concluyendo que la de mayor fuerza compresiva fue con el agua destilada teniendo una menor dureza del agua.

Trujillo (2018) ejecutó un estudio experimental con el objetivo de analizar dos tipos de yeso (tipo III y tipo IV) utilizando dos tipos de agua (de cañería y desmineralizada) para su preparación, con un tamaño de muestra de 60 cilindros de yeso, siendo dividido en cuatro

grupos de 15. Sus resultados fueron que no hubo diferencia significativa en la resistencia compresiva en ambos grupos de yeso (tipo III y tipo IV) utilizando los dos tipos de agua (de cañería y desmineralizada).

Dos Santos et al. (2015) realizaron la investigación cuyo objetivo fue evaluar si el yeso tipo IV y V al ser mezclado con distintos tipos de agua (corriente, mineral y destilada) presentaba un cambio dimensional, la rugosidad superficial y la resistencia a la compresión, para ello los investigadores fabricaron 6 grupos de 10 muestras para cada grupo experimental. El estudio no mostró diferencias significativas a excepción del grupo en donde evaluaron el cambio dimensional, concluyendo así, que no influyen en las propiedades físicas y mecánicas los diferentes tipos de agua.

Taqa et al. (2012) realizaron una investigación en donde el objetivo fue evaluar el efecto de diferentes tipos de agua en la proporción de agua-polvo de los productos de yeso dental, para ellos se utilizaron cinco tipos de agua (destilada, de cañería, en suspensión, desionizada y de pozo) para poder ser mezcladas con dos tipos de yeso dental. Los resultados demostraron una diferencia significativa en la proporción agua-polvo cuando se mezclaron con diferentes tipos de agua utilizados en el estudio, dando como conclusión que la disminución más significativa en el requerimiento de agua de los productos de yeso dental se logró con agua en suspensión.

1.2.2. Antecedentes nacionales

Cruzado et al. (2023) realizaron una investigación donde se tuvo como objetivo comparar características físicas como dureza, estabilidad dimensional y resistencia a la compresión de los yesos dentales disponibles en Perú, para eso realizaron un estudio descriptivo, observacional y transversal en donde realizaron los análisis de 16 muestras confeccionadas por los investigadores, encontraron que las características de los yesos dentales presentaban diferencias significativas en sus características físicas según el estándar estipulado

por la Asociación Dental Americana (ADA). Concluyeron que la compresión es un parámetro que se mantiene de acorde a lo mencionado por la ADA, sin embargo, la estabilidad dimensional y la dureza de los yesos no alcanzan estándares establecidos por la ADA.

Paredes et al. (2021) realizaron una investigación experimental y comparativo con el objetivo de evaluar la resistencia compresiva del yeso tipo IV utilizando agua destilada y potable, para esto tuvieron un tamaño de muestra de 18 dividiéndolo en 2 grupos, luego midieron la fuerza compresiva con una máquina de ensayos universales. Obteniendo como resultado que el grupo en el que se utilizó agua potable ofreció una mayor resistencia compresiva frente al grupo de agua destilada. Concluyendo, que no existe diferencia significativa ($p=0,086$) en la resistencia compresiva entre los grupos de yeso tipo IV con agua potable y destilada.

Vargas (2021) en su estudio realizado tuvo como objetivo comparar la resistencia a las fuerzas compresivas según el tiempo de post fraguado de 3 marcas de yeso tipo IV en 3 periodos diferentes. Para ello realizaron un estudio cuantitativo, transversal y prospectivo en donde se realizaron 3 grupos de 15 troqueles de cada una de las marcas, Zhermack, GC y Protechno, y se midió la resistencia a la fuerza compresiva luego en 15, 30 y 60 minutos de fraguado a cada grupo. En el estudio se encontró que la marca Zhermack (Elite rock) presentó mayores valores medidos en comparación a las otras 2 marcas estudiadas en los 3 periodos de post fraguado evaluados.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Comparar la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua en diferentes concentraciones de pH.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con pH neutro (control).
- Identificar la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con pH muy ácido.
- Medir la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con pH ácido.
- Valorar la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con pH alcalino.
- Calcular la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con pH muy alcalino.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

El presente trabajo tiene su justificación teórica al pretender conocer y describir como las características de los disolventes podrían influenciar en la práctica clínica para el yeso tipo IV. Se ha presentado estudios anteriores donde realizaron investigaciones en donde se analizó los diferentes tipos de agua disponibles para poder realizar dicha mezcla y comparación de su influencia; sin embargo, el presente estudio buscó descomponer la caracterización del agua por su grado de acidez, siendo esto importante para poder comprender la influencia de este en los trabajos realizados en el yeso tipo IV.

1.4.2. Justificación práctica

Además, permite al odontólogo del día a día, mejorar su atención y protocolo en base a conocimiento con evidencia, ya que el odontólogo realiza diversas actividades en donde involucra la obtención de modelos de yeso tipo IV de uso odontológico para estudios y realización de prótesis, coronas, carillas, etc., en donde se requiere la mayor precisión posible de la copia de los dientes y tejidos en la cavidad oral.

1.5. Hipótesis

La resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua en diferentes concentraciones de pH, presentará alteraciones durante su manejo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. Yesos odontológicos

Los yesos dentales son materiales de impresión utilizados en odontología para registrar la morfología de los dientes y las estructuras adyacentes (Chiayi, 2013). Estos materiales se clasifican en diferentes tipos, incluyendo yeso de piedra, yeso de resina y yeso de azufre (Craig, 2018).

El yeso piedra es el más comúnmente utilizado, debido a su precisión y durabilidad (Shillingburg, 2012). Sin embargo, puede ser afectado por la humedad y la temperatura, lo que puede alterar su precisión (Chiayi, 2013).

De acuerdo con lo establecido por la American Dental Association (ADA), existen diversos tipos de yesos dentales clasificados de acuerdo a sus propiedades, manejo, uso y características (Prakash et al., 2019).

2.1.1.1. Historia de los yesos. Inicialmente, se registra que el yeso era utilizado para construcciones, registrándose que antiguamente se usaba mezclado con cítricos y agua para unir las piedras de construcciones (Prakash et al., 2019). Se conoce que el primer dentista que usó el yeso en un procedimiento odontológico fue Phillip Pfaff en 1836, en la forma de yeso de Paris; sin embargo, se menciona que su uso específico para material de impresión fue realizado en 1844 (Jei et al., 2021), esto dio inicio a su extensión y difusión para usos odontológicos variados, siendo material único para impresión a nivel mundial hasta 1920, donde se creó productos hidrocoloides (Ávila et al., 2013).

2.1.1.2. Composición de los yesos. El yeso natural tiene su origen en zonas volcánicas como sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e impurezas mezcladas como arena, hierro, etc. Siendo estos significativamente influyentes en la fabricación del yeso odontológico (Cova, 2019) siendo por ello estos bloques extraídos, triturados y calcinados a temperaturas entre

110°C a 130°C para formar sulfato de calcio semihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$) o Yeso Paris (Ávila et al., 2013), si bien este compuesto se encuentra actualmente en desuso, es la base para formar los diferentes yesos aplicados en procedimientos odontológicos (Reyes, 2018).

2.1.1.3. Clasificación de yesos. Existen 5 tipos, los cuales son:

A. Tipo I: Yeso para impresión. Se utiliza para tomar impresiones de mandíbulas edéntulas siempre que no haya socavaduras, son duros y quebradizos con muy poca resistencia. No son adecuados para tomar impresiones de mandíbulas dentadas debido a las socavaduras de los dientes y las estructuras adyacentes. Los yesos para impresión rara vez se utilizan como materiales de impresión en la actualidad, ya que hay materiales menos rígidos, como hidrocoloides y elastómeros (Cova, 2019; Prakash et al., 2019).

B. Tipo II: Yeso paris. También llamado yeso para modelos o yeso tipo II de laboratorio. Se utiliza para elaborar modelos de estudio, también para montar los modelos en el articulador y para enmuflar. Generalmente está disponible en color blanco natural para contrastar con la escayola dental coloreada. Los yesos para modelos tienen una resistencia a la compresión baja de 9 MPa. Aunque tiene mayor resistencia que el yeso para impresión. Un tipo especial de yeso para modelos es el yeso de ortodoncia, que tiene un tiempo de fraguado más rápido de 2 a 3 minutos (Cova, 2019; Prakash et al., 2019).

C. Tipo III: Yeso piedra. Se denominan α -hemihidratos porque se compone principalmente de éstos, son utilizados para hacer modelos que posteriormente son procesados para realizar prótesis dentales porque tiene la resistencia y dureza adecuadas, además es más fácil retirar las prótesis dentales después del procesamiento. Se encuentran disponibles en distintos colores presentando así un 2-3 % de agente colorante. La relación agua-polvo del yeso tipo III es de 0.28-0.30. Presentan una dureza superficial de 82 RHN, mejorada en comparación con el Yeso Paris y tiene una resistencia a la compresión mínima de 1 hora de 20,7 MPa y una máxima de hasta 62 MPa (Cova, 2019; Prakash et al., 2019).

D. Tipo IV: Yeso piedra mejorado. Este tipo de yeso está compuesto por α -hemihidratos mejorados, partículas de forma cúbica teniendo mejores propiedades que otros hemihidratos como una alta resistencia, alta resistencia a la abrasión y baja expansión. Es utilizado principalmente como material para moldes sobre el que se fabrican patrones de cera de incrustaciones, recubrimientos, coronas y puentes; teniendo como requisitos principales: alta resistencia, dureza, resistencia a la abrasión y expansión mínima de fraguado. Al fraguar, la superficie se seca más rápido y, por lo tanto, la dureza de la superficie aumenta más rápido que la resistencia a la compresión. La relación agua-polvo del yeso tipo IV es de 0.22 a 0.24. Presenta una dureza superficial de 92 RHN, una alta resistencia de 79 MPa. y una baja expansión de 0,08 % (Cova, 2019; Prakash et al., 2019).

E. Tipo V: Yeso de alta resistencia y alta expansión. Este tipo de yeso está indicado para la fabricación de coronas coladas ya que, al requerir una mayor expansión, ésta es útil para compensar la contracción de la fundición de aleaciones metálicas de alto punto de fusión. Por este motivo, no se debe utilizar para la fabricación de incrustaciones dado que una mayor expansión produce incrustaciones ajustadas resultando incómodas para su uso. Este tipo de yeso tiene mayor resistencia a la compresión que el yeso tipo IV, esto se debe a una relación agua-polvo reducida (0.18–0.22) y una expansión de fraguado entre 0.10–0.30 %, mayor que el yeso tipo IV (Cova, 2019; Prakash et al., 2019).

2.1.2. Propiedades mecánicas de los yesos participantes en la investigación

2.1.2.1. Resistencia la compresión. Evaluar la resistencia de un material implica determinar la carga de fuerzas externas requeridas para fracturar un objeto hecho de ese material (Macchi, 2020).

Cuando se presentan dos fuerzas en la misma dirección, pero en sentidos opuestos, intentando acercarse, reduciendo la longitud del objeto (es decir, aplastarlo o comprimirlo), se generan tensiones conocidas como compresivas. Al mismo tiempo, se produce una

deformación por compresión y si se analiza la máxima tensión que puede inducirse, se refiere a la resistencia compresiva (Macchi, 2020).

La resistencia del yeso aumenta rápidamente a medida que el material se endurece después del tiempo de fraguado inicial. La resistencia a la compresión está inversamente relacionada con la relación agua/polvo de la mezcla (Chiayi, 2022).

Cuanto mayor sea la cantidad de agua utilizada para la mezcla, menor será la resistencia del yeso. A medida que el agua se evapora al fraguar, se forman espacios o huecos que se llenan con aire. Estos huecos influyen negativamente en la resistencia del yeso. Por lo tanto, existe una correlación entre la cantidad de exceso de agua y el grado final de porosidad debido a los huecos. Esa es la razón por la que el yeso tipo II es más débil que el yeso tipo III y a su vez el yeso tipo III es más débil que el yeso tipo IV. Si la relación agua/polvo del yeso aumenta, se verá reducida su dureza y resistencia (Prakash et al., 2019).

Existen dos tipos de resistencia del yeso según la cantidad de agua libre: la resistencia en húmedo y la resistencia en seco.

A. Resistencia en húmedo. También llamada resistencia en verde, es la resistencia que se obtiene cuando la presencia del agua excede a la necesaria para la hidratación de los hemihidratos (Chiayi, 2022).

Esta prueba se realiza después del fraguado final. La resistencia en húmedo para el yeso tipo III es de 9 MPa y para el yeso tipo IV es de 35 MPa (Cova, 2019; Prakash et al., 2019).

B. Resistencia en seco. Esta resistencia se obtiene cuando se elimina el excedente de agua mediante un procedimiento de secado. Este tipo de resistencia es 2-3 veces mayor que la resistencia en húmedo. La resistencia del yeso se calcula una vez que está completamente fraguado en aproximadamente 24 horas (Prakash et al., 2019).

2.1.3. El agua

Del latín aqua, el agua es definida según la Real Academia Española como una “sustancia líquida clara, sin color, sin olor y sin sabor en su forma pura, compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, formando así su forma esencial de H_2O . Es el elemento más abundante en la superficie del planeta y predomina en la composición de todos los organismos vivos”. El agua es considerada uno de los recursos naturales más esenciales para el desarrollo de la vida. Junto con el aire, la tierra y la energía, forma parte de los cuatro recursos fundamentales que sustentan el progreso. Es el compuesto más abundante, abarcando tres cuartas partes de la superficie del planeta. Su relevancia radica en que prácticamente todos los procesos químicos que ocurren en la naturaleza, tanto en organismos vivos como en la superficie inorgánica de la tierra, así como en la industria, se llevan a cabo en medio de sustancias disueltas en agua (Félez, 2009).

2.1.4. Potencial de hidrógeno del Agua

El potencial de hidrógeno del agua se define como la concentración de iones de $[H^+]$ en el agua. La escala del pH se expresa en función logarítmica y varía de 0 a 14. Un aumento de una unidad en esta escala significa una reducción de diez veces en la concentración de iones de hidrógeno (Armstrong et al., 1982).

El pH es un valor que determina el grado de acidez o alcalinidad del agua, con una disminución tiende a ser ácido y con un aumento se hace alcalina.

Siendo más específicos también se puede clasificar el pH de forma cualitativa de la siguiente manera:

2.1.4.1. Ácido. Se considera una sustancia ácida aquella que tiene una mayor concentración de iones H^+ en comparación con el agua pura, es decir, $pH < 7$. Esta sustancia libera H^+ en una solución química (Torres, 2013).

La acidificación se da mediante un proceso de disociación del ácido en el agua, pudiendo diferenciarse en ácidos que se diluyen totalmente, ácidos fuertes, y ácidos que se

diluyen parcialmente, ácidos débiles. Entre los ejemplos de ácidos fuertes son el ácido clorhídrico (HCl), ácido nítrico (HNO_3), ácido sulfúrico (H_2SO_4), mientras que ejemplos de ácidos débiles son el ácido acético (CH_3COOH), ácido cítrico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) y ácido carbónico (H_2CO_3), esta diferenciación es importante ya que permite diferenciar y clasificar los diferentes ácidos para sus diferentes usos (Delgado, 2021).

2.1.4.2. Neutro. Un valor de pH de 7, correspondiente al agua pura, se clasifica como pH neutro.

2.1.4.3. Alcalino. Una sustancia alcalina se caracteriza por tener una menor concentración de H^+ en relación con el agua pura, lo que se traduce en $\text{pH} > 7$, esta sustancia actúa retirando hidrógeno en una solución química (Torres, 2013).

La alcalinización consiste en aumentar el pH en una solución, generalmente agua, la cual puede producirse al añadir bases, eliminar ácidos o por neutralización de la solución. Para este proceso debe considerarse los objetivos deseados para la elección de la base, buffer o antiácidos. Así como en los ácidos, las bases pueden clasificarse en fuertes o débiles según su capacidad de disociación. Entre los ejemplos de bases fuertes se encuentra el hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH); mientras que ejemplos de bases débiles se encuentra el bicarbonato de sodio (NaHCO_3) o amoníaco (NH_3) (Delgado, 2021).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Basándonos en Hernández (2014), Bernal (2010) y Tipacti (2012), el presente trabajo presentó las siguientes características:

- Experimental, dado que hubo intervención del investigador en la variable independiente.
- Transversal, ya que solo se tomaron una vez en el tiempo.
- Cuantitativa, dado que se midió la resistencia a la compresión.
- Prospectivo, ya que se analizó luego de confeccionar las muestras.

3.2. Ámbito temporal y espacial

La investigación se llevó a cabo durante el mes de abril del 2025, en el Taller-Clínica de Rehabilitación Oral de la Universidad Nacional Federico Villarreal, en donde se confeccionó 45 muestras de A: 40 ± 0.4 mm y D: 20 ± 0.2 mm, según la norma ISO 6873:2013 (Anexo C) y el análisis de resistencia a la compresión se realizó en el Laboratorio High Technology Laboratory Certificate SAC.

3.3. Variables

3.3.1. Variable independiente

Yeso tipo IV a diferentes concentraciones de pH en el agua.

3.3.2. Variable dependiente

Resistencia a la fuerza compresiva.

3.3.3. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	VALOR
Concentración de pH en el agua	El potencial de hidrógeno (pH) del agua es la medida que indica la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Se miden en escala de 0 a 14.	-Muy Ácido -Ácido -Neutro -Alcalino -Muy Alcalino	Potencial de Hidrógeno (pH)	Ordinal	1: 0 a 3.5 pH: Muy Ácido 2: 3.6 a 6.9 pH: Ácido 3: 7 pH: Neutro 4: 7.1 a 11 pH: Alcalino 5: 11.5 a 14 pH: Muy Alcalino
Resistencia a la fuerza compresiva	Corresponde a la resistencia de un material frente a la deformación plástica posterior a ser sometido a una carga de fuerza	Medición de la fuerza aplicada para fracturar el yeso por el equipo de ensayos mecánicos	Mega Pascales (MPa)	Razón-continua	0 a X MPa

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Yesos odontológicos tipo IV de la marca Zhermack ® (Anexo I) mezclados con agua utilizando diferentes medidas de pH.

3.4.2. Muestra

3.4.2.1. Muestreo. No probabilístico, por conveniencia.

3.4.2.2. Unidad de análisis. Una muestra cilíndrica de yeso tipo IV de 40 ± 0.4 mm de altura y 20 ± 0.2 mm de diámetro. Según la Norma ISO 6873:2013 (Anexo C).

3.4.2.3. Tamaño de muestra. El tamaño de muestra se determinó mediante la fórmula de diferencia de medias, la cual es indicada en estudios de enfoque cuantitativo y comparativo, donde se busca un número igualitario de muestras por grupos a estudiar.

Fórmula:

$$n = [(Z(\alpha/2) + Z\beta)^2 \times 2S^2] / (\chi_1 - \chi_2)^2$$

En donde:

$Z(\alpha/2) = 1.96$ = Valor crítico para un 95% de confianza

$Z\beta = 1.645$ = Potencia estadística deseada para una significancia de 0.05

$S = 2.699$ = desviación estándar obtenida de Singh et al. (2023)

$(\chi_1 - \chi_2) = 4.0689$ = diferencia de medias obtenido de Singh et al. (2023)

Reemplazando:

$$n = [(1.96 + 1.645)^2 \times 2(2.699)^2] / (4.0689)^2$$

$$n = (7.851204 \times 18.4532985032) / 16.55594721$$

$$n = 8.619 < > 9$$

Tamaño de muestra: 45, distribuido en 5 grupos con 9 muestras en cada uno.

Grupo 1: 9 muestras de yeso tipo IV utilizando agua con pH muy ácido

Grupo 2: 9 muestras de yeso tipo IV utilizando agua con pH ácido

Grupo 3: 9 muestras de yeso tipo IV utilizando agua con pH neutro (control)

Grupo 4: 9 muestras de yeso tipo IV utilizando agua con pH alcalino

Grupo 5: 9 muestras de yeso tipo IV utilizando agua con pH muy alcalino

3.4.3. Criterios de selección

3.4.3.1. Criterios de inclusión. Se consideró los siguientes criterios:

- Muestras sin burbujas
- Muestras no expiradas
- Empaque del yeso tipo IV con las medidas correspondientes, según norma ISO
- Empaque del yeso tipo IV cerrado herméticamente

3.4.3.2. Criterios de exclusión. Se consideró los siguientes criterios:

- Muestras con burbujas, fisuras y/o fracturas
- Muestras con materiales vencidos
- Empaque del yeso tipo IV sin las medidas correspondientes
- Empaque del yeso tipo IV abierto

3.5. Instrumentos

- Método/técnica: Observación
- Ficha de recolección de datos elaborada por el autor
- Equipo de Ensayos Mecánicos
- Pie de rey
- Equipo medidor de pH digital
- Vibrador de yeso
- Balanza digital

3.6. Procedimientos

Se procedió a adquirir los siguientes materiales: una bolsa sellada de yeso tipo IV marca Zhermack ®, espátula de yeso, tazas de goma, dosificadores, platinas de vidrio, glicerina, un

tubo PVC de diámetro 20 mm y 2 metros de largo, una botella de agua destilada, un gotero, una bagueta, 10 ml de Ácido Cítrico, 10 gr de Bicarbonato de Sodio, un vibrador de yeso, una balanza digital y un medidor de pH digital (Anexo F).

En el Taller - Clínica de Rehabilitación Oral de la Facultad de Odontología de la UNFV, se preparó las 45 muestras cilíndricas cortando 45 tubos de PVC, las dimensiones para las muestras de prueba de compresión fueron A: 40 ± 0.4 mm y D: 20 ± 0.2 mm, de acuerdo con las directrices internacionales ISO 6873:2013 con un pie de rey previamente calibrado, luego se separó en 5 grupos de 9 muestras cada uno y se colocó glicerina por dentro de los cilindros, de esta forma nuestras muestras de yeso salieron con mayor facilidad.

Para la obtención del agua con pH muy ácido, en una taza de goma se vertió 100 ml de agua destilada, se agregó con un gotero 6 gotas de ácido cítrico y se revolvió con una bagueta; al finalizar se procedió a verificar el pH utilizando el medidor de pH digital y se obtuvo un pH de 2.7.

Para la obtención del agua con pH ácido, en una taza de goma se vertió 100 ml de agua destilada, se agregó con un gotero 3 gotas de ácido cítrico y se revolvió con una bagueta; al finalizar se procedió a verificar el pH utilizando el medidor de pH digital y se obtuvo un pH de 4.41.

Para la obtención del agua con pH neutro, en una taza de goma se vertió 100 ml de agua destilada y se procedió a verificar el pH utilizando el medidor de pH digital y se obtuvo un pH de 7.01.

Para la obtención del agua con pH alcalino, en una taza de goma se vertió 100 ml de agua destilada, se agregó una pizca de NaOH y se revolvió con una bagueta; al finalizar se procedió a verificar el pH utilizando el medidor de pH digital y se obtuvo un pH de 9.5.

Para la obtención del agua con pH muy alcalino, en una taza de goma se vertió 100 ml de agua destilada, se agregó una pizca de NaOH y se revolvió con una bagueta, se repitió el

proceso hasta que se obtuvo un pH dentro del intervalo deseado; al finalizar se procedió a verificar el pH utilizando el medidor de pH digital y se obtuvo un pH de 12.81.

Para el primer grupo, se mezcló 100 gr de yeso tipo IV marca Zhermack ® con 20 ml de agua de pH muy ácido (agua ya diluida con ácido cítrico) según las especificaciones de la etiqueta del envase del yeso, se usó el vibrador de yeso para evitar la formación de burbujas. Se colocó los 9 tubos de PVC previa capa de glicerina por dentro sobre una platina de vidrio y se fijaron con cinta adhesiva los tubos, luego se colocó la platina de vidrio sobre el vibrador y se vertió la mezcla de yeso de manera que no quedaran burbujas y tenga un buen fluido.

Para el segundo grupo, se mezcló 100 gr de yeso tipo IV marca Zhermack ® con 20 ml de agua de pH ácido (agua ya diluida con ácido cítrico) según las especificaciones de la etiqueta del envase del yeso, se usó el vibrador de yeso para evitar la formación de burbujas. Se colocó los 9 tubos de PVC previa capa de glicerina por dentro sobre una platina de vidrio y se fijaron con cinta adhesiva los tubos, luego se colocó la platina de vidrio sobre el vibrador y se vertió la mezcla de yeso de manera que no quedaran burbujas y tenga un buen fluido.

Para el tercer grupo, se mezcló 100 gr de yeso tipo IV marca Zhermack ® con 20 ml de agua de pH neutro (agua destilada) según las especificaciones de la etiqueta del envase del yeso, se usó el vibrador de yeso para evitar la formación de burbujas. Se colocó los 9 tubos de PVC previa capa de glicerina por dentro sobre una platina de vidrio y se fijaron con cinta adhesiva los tubos, luego se colocó la platina de vidrio sobre el vibrador y se vertió la mezcla de yeso de manera que no quedaran burbujas y tenga un buen fluido.

Para el cuarto grupo, se mezcló 100 gr de yeso tipo IV marca Zhermack ® con 20 ml de agua de pH alcalino (agua ya diluida con NaOH) según las especificaciones de la etiqueta del envase del yeso, se usó el vibrador de yeso para evitar la formación de burbujas. Se colocó los 9 tubos de PVC previa capa de glicerina por dentro sobre una platina de vidrio y se fijaron

con cinta adhesiva los tubos, luego se colocó la platina de vidrio sobre el vibrador y se vertió la mezcla de yeso de manera que no quedaran burbujas y tenga un buen fluido.

Y, por último, para el quinto grupo, se mezcló 100 gr de yeso tipo IV marca Zhermack ® con 20 ml de agua de pH muy alcalino (agua ya diluida con NaOH) según las especificaciones de la etiqueta del envase del yeso, se usó el vibrador de yeso para evitar la formación de burbujas. Se colocó los 9 tubos de PVC previa capa de glicerina por dentro sobre una platina de vidrio y se fijaron con cinta adhesiva los tubos, luego se colocó la platina de vidrio sobre el vibrador y se vertió la mezcla de yeso de manera que no quedaran burbujas y tenga un buen fluido.

Se dejó fraguar las muestras por 48 horas, según la ficha técnica del Yeso Tipo IV marca Zhermack ®.

Transcurridas las 48 hrs, se desmoldó las muestras de los tubos y se colocó dentro de un contenedor de plástico previamente rotulado para cada grupo y fue llevado al Laboratorio High Technology Laboratory Certificate SAC para poder procesar las muestras obtenidas.

Ubicándonos en el Laboratorio High Technology Laboratory Certificate SAC, se utilizó el Equipo de Ensayos Mecánicos para poder procesar cada muestra y observar la resistencia a la compresión de cada una de ellas.

3.7. Análisis de datos

Los datos obtenidos se recolectaron de forma secuencial de manera secuencial en una ficha de recolección de datos (Anexo N°2), para luego codificarlo en el programa Microsoft Excel para realizar el análisis estadístico descriptivo, evaluando las medidas de tendencia central: media, mediana y moda. Para el análisis inferencial los datos se importaron al programa IBM SPSS v 26 para ser procesados, teniendo en cuenta que el presente estudio es cuantitativo, se evaluaron los supuestos para una prueba paramétrica, evaluando la distribución normal mediante el análisis de Shapiro Wilk para < 50 muestras, encontrando que los datos no tenían

distribución normal por lo que se optó por una prueba alternativa no paramétrica para más de 2 grupos independientes Kruskal Wallis.

3.8. Consideraciones éticas

El presente estudio fue aprobado por el comité de ética de la facultad de odontología de la Universidad Nacional Federico Villarreal, teniendo en cuenta que se realizó un estudio in vitro sin tener implicancia con seres vivos y/u órganos. Manipulando y almacenando correctamente los elementos usados para la fabricación de las diferentes muestras, siendo desechados según la normativa del Ministerio de Salud 144-MINSA/2018/DIGESA (Gestión integral y manejo de residuos sólidos, en establecimientos de salud, servicios médicos de apoyos y centros de investigación). Respetando el trabajo intelectual y la autoría de los diferentes trabajos citados, destacando también la transparencia de los datos obtenidos, sin beneficiar a terceros, ni alguna marca comercial específica.

IV. RESULTADOS

La presente investigación evaluó la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua en diferentes concentraciones de pH.

Se estudió la comparativa de 45 muestras en total, divididos en cinco grupos de 9 muestras cada uno, donde el grupo 1 se preparó con agua de pH 2.7 (muy ácido), el grupo 2 con pH 4.41 (ácido), el grupo 3 actuando como control con pH 7.01 (neutro), el grupo 4 con pH 9.5 (alcalino) y por último el grupo 5 con pH 12.81 (muy alcalino), quienes se sometieron al análisis de la compresión en el equipo de ensayos mecánicos.

Presentando los resultados descriptivos de tendencia central y prueba de hipótesis en las siguientes tablas y figuras para un mejor entendimiento.

Tabla 1

Análisis descriptivo de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con un pH de 2.7

RESISTENCIA A LA FUERZA COMPRESIVA		
GRUPO 1: MUY ÁCIDO (pH de 2.7)	Media	23.564
	Mediana	23.620
	Desviación estándar	2.367
	Mínimo	20.720
	Máximo	27.990

Nota. La presente tabla nos muestra los valores obtenidos luego del análisis descriptivo de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con un pH de 2.7 para su mezcla proporcionada, catalogado como agua con un pH muy ácido de forma cualitativa, con una media de 23.564 $\pm$ 2.367 MPa, una mediana de 23.62 MPa, un mínimo valor de 20.72 MPa y un valor máximo de 27.99 MPa, para un grupo compuesto por 9 muestras respectivamente.

Tabla 2

Análisis descriptivo de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con un pH de 4.41

RESISTENCIA A LA FUERZA COMPRESIVA		
GRUPO 2: ÁCIDO (pH de 4.41)	Media	28.042
	Mediana	27.210
	Desviación estándar	5.622
	Mínimo	20.550
	Máximo	39.250

Nota. En la tabla se observan los valores obtenidos de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con un pH de 4.41, con una media de 28.042 $\pm$ 5.622 MPa, una mediana de 27.21 MPa, un mínimo valor de 20.550 MPa y un máximo valor de 39.250 MPa.

Tabla 3

Análisis descriptivo de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con un pH de 7.01

RESISTENCIA A LA FUERZA COMPRESIVA		
GRUPO 3: NEUTRO (pH de 7.01)	Media	24.486
	Mediana	23.150
	Desviación estándar	3.147
	Mínimo	21.880
	Máximo	32.150

Nota. En la tabla se observan los valores obtenidos luego del análisis descriptivo de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con un

pH de 7, catalogado como neutro, con una media de 24.486 ± 3.147 MPa, una mediana de 23.15 MPa, un mínimo valor de 21.88 MPa y un máximo valor de 32.15 MPa.

Tabla 4

Análisis descriptivo de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con un pH de 9.5

RESISTENCIA A LA FUERZA COMPRESIVA		
GRUPO 4: ALCALINO (pH de 9.5)	Media	24.950
	Mediana	24.280
	Desviación estándar	4.143
	Mínimo	19.330
	Máximo	31.310

Nota. En la tabla se observan los valores obtenidos de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con un pH alcalino de 9.5, con una media de 24.95 ± 4.143 MPa, una mediana de 24.28 MPa, un mínimo valor de 19.330 MPa y un máximo valor de 31.310 MPa.

Tabla 5

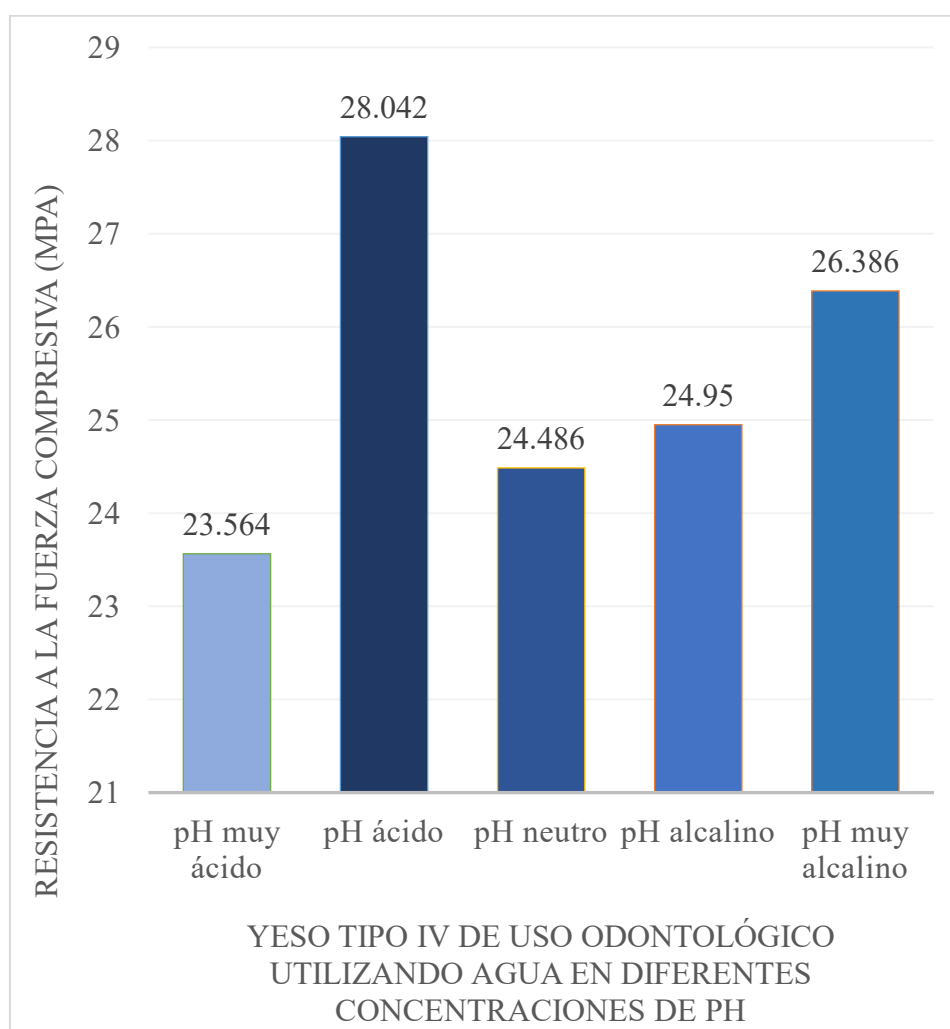
Análisis descriptivo de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con un pH de 12.81

RESISTENCIA A LA FUERZA COMPRESIVA		
GRUPO 5: MUY ALCALINO (pH de 12.81)	Media	26.386
	Mediana	27.310
	Desviación estándar	20.716
	Mínimo	20.790
	Máximo	29.050

Nota. En la tabla se observan los valores obtenidos luego del análisis descriptivo de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con un pH de 12.81, catalogado como muy alcalino, con una media de 26.386 ± 2.716 MPa, una mediana de 27.310 MPa, un mínimo valor de 20.79 MPa y un máximo valor de 29.05 MPa.

Figura 1

Análisis descriptivo de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua en diferentes concentraciones de pH



Nota. En la figura podemos observar que la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua en diferentes concentraciones de pH, presenta una mejor resistencia en el grupo preparado con agua a un pH ácido (pH 4.41), con una media de 28.042

MPa; en segundo lugar el grupo con pH muy alcalino (pH 12.81), con una media de 26.386 MPa; en tercer lugar el grupo preparado con agua a un pH alcalino (pH 9.5), con una media de 24.95 MPa; en cuarto lugar el grupo con agua de pH neutro (pH 7.01), con una media de 24.486 MPa; y en último lugar el grupo elaborado con un pH muy ácido (pH 2.7), con un valor promedio de 23.564 MPa.

Tabla 6

Prueba de normalidad para evaluar la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua en diferentes concentraciones de pH

RESISTENCIA A LA FUERZA COMPRESIVA	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
G1: Preparación con agua muy ácida (pH 2.7)	.930	9	.484
G2: Preparación con agua ácida (pH 4.41)	.948	9	.669
G3: Preparación con agua neutra (pH 7.01)	.750	9	.005
G4: Preparación con agua alcalina (pH 9.5)	.929	9	.476
G5: Preparación con agua muy alcalina (pH 12.81)	.851	9	.077

Nota. Si, Ho: Existe normalidad y Ha: No existe normalidad. Se evaluó la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, con un $p > 0.05$ (95% de confianza), aceptamos la hipótesis alterna, sin encontrar distribución normal en el grupo 3, optando por una prueba de análisis de hipótesis no paramétrica.

Tabla 7

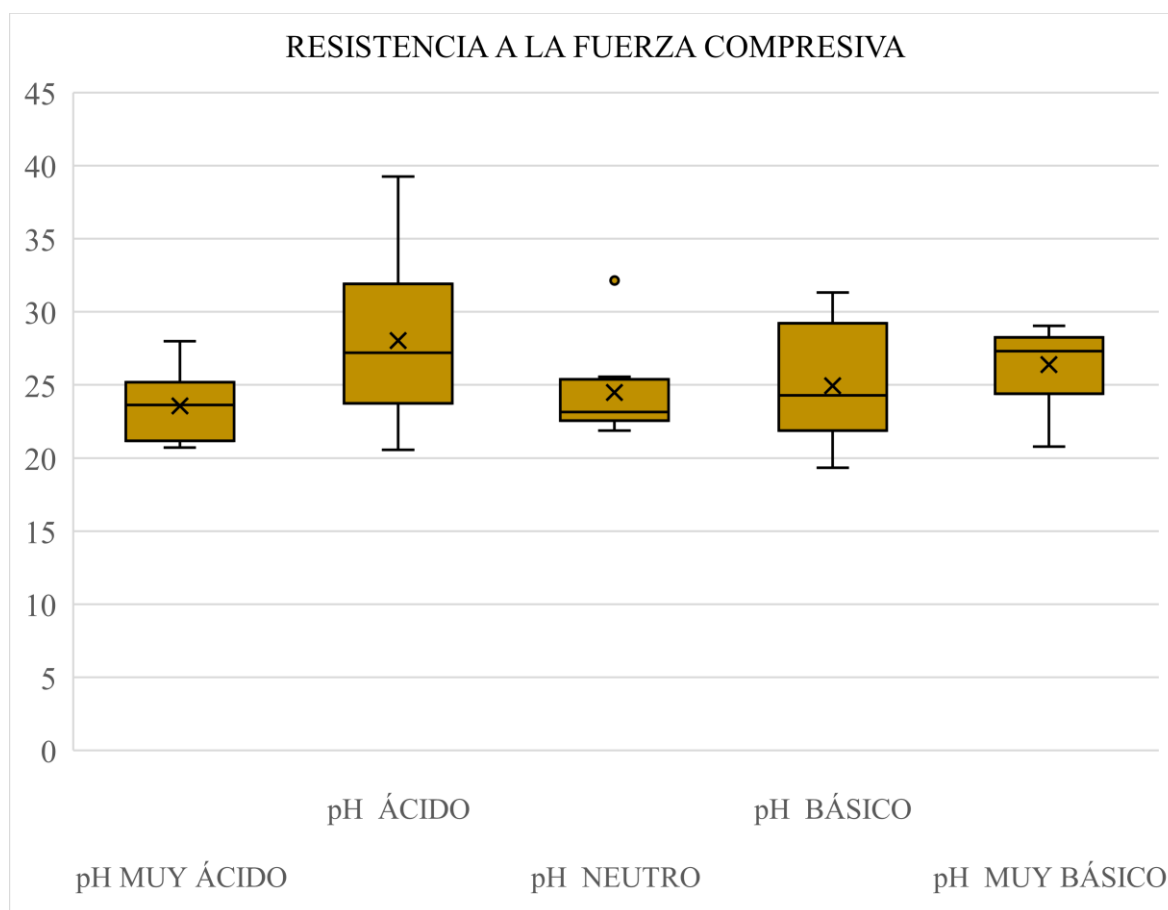
Comparación de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua en diferentes concentraciones de pH

	N total	Estadístico de prueba	gl	Sig. asintónica bilateral
Entre grupos	45	6.399	4	0.171

Nota. Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para grupos independientes, donde H_0 : No existe diferencia significativa y H_a : Existe diferencia significativa al menos en un grupo. En la tabla se encuentra un valor de significancia de 0.171, donde se observa que $p > 0.05$ (95% de confianza), es decir, que se acepta la hipótesis nula, sin encontrar diferencia significativa entre los grupos estudiados.

Figura 2

Comparación de la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua en diferentes concentraciones de pH



Nota. En la figura se puede observar la distribución de los datos según grupos, encontrando un valor alejado en el grupo de pH neutro, sin afectar significativamente en las pruebas realizadas, por otro lado, se ve que en los 5 grupos las cajas tienen una ligera coincidencia, dando a presumir que el 50% central de cada grupo tiene valores similares.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El yeso odontológico tipo IV es un material importante y de uso frecuente en la práctica odontológica ya que nos permite reproducir de manera precisa la anatomía intraoral. Las propiedades físicas que posee son idóneas para el desarrollo de obtención de modelos definitivos, como lo es la resistencia a la fuerza compresiva que le da al modelo la capacidad de resistir las fuerzas ejercidas durante el proceso de laboratorio. Es por lo mencionado que es esencial que durante el proceso de preparación se dé énfasis en los insumos e indicaciones que son requeridos para su manipulación.

El presente estudio buscó evaluar la resistencia compresiva del yeso tipo IV al utilizar diferentes concentraciones de pH en el agua; los resultados obtenidos mostraron que al usar un agua con pH ácido (pH: 4.41) se presentaba una mayor resistencia compresiva, mientras que al usar un agua con pH muy ácido (pH: 2.7) se presentó la menor resistencia compresiva; sin embargo, se encuentra un valor de significancia de 0.171, donde se observó que $p > 0.05$ (95% de confianza), por lo que estos resultados no tuvieron diferencia estadística significativa.

Este resultado podría explicarse al considerar que los yesos odontológicos, como el tipo IV o yeso duro, es estable y con poca reactividad a los cambios de pH, a menos que se usen ácidos fuertes (Barceló, 2024); en este estudio se decidió realizar la acidificación del agua destilada con ácido cítrico, un ácido débil, por su estabilidad y seguridad en la manipulación. Además, la exposición del yeso tipo IV a la base fuerte utilizada, la cual fue el NaOH, presentó diferencias en el tiempo de fraguado de la muestra, mas no en la resistencia a la compresión.

En cuanto a los valores obtenidos en la resistencia del yeso tipo IV con el disolvente con diferentes niveles de pH evaluados, se tuvo como promedio: en pH muy ácido, 23.564 MPa; en pH ácido, 28.042 MPa; en pH neutro, 24.486 MPa; en pH alcalino, 24.950 MPa; y en pH muy alcalino, 26.386 MPa; estos resultados son comparables a los mostrados en el estudio de Cruzado et al. (2023) donde evaluaron la resistencia a la compresión de la misma marca de

yeso tipo IV donde resultó una media de 90.387 MPa, esta diferencia con nuestro estudio puede deberse a que no siguieron el tamaño estándar sugerido por la ISO 6873:2013, además de que las muestras fueron sometidas al estudio luego de 72 horas, mientras que en nuestro estudio fue a las 48 horas.

Otro estudio donde realizaron dicha comparación de la resistencia compresiva según el tipo de agua usado fue el de Paredes et al. (2021), donde obtuvieron una media de resistencia compresiva de 31.51 MPa utilizando agua potable, y una resistencia compresiva de 29.44 MPa utilizando agua destilada, la diferencia con los resultados de nuestro estudio puede deberse a que el estudio de Paredes et al., no siguió los parámetros internacionales expresados en la ISO 6873:2013, siendo de menor tamaño: 4 mm x 6 mm, produciendo esto una menor necesidad de fuerza máxima, las cuales son en promedio menores a 450 N, mientras que las ejercidas en el presente estudio fueron en promedio mayor de 6000 N.

Con respecto a la proporción agua-polvo, en el presente estudio se respetó las medidas de 20 ml de agua y 100 gr de polvo, según la ficha técnica del yeso Zhermack Elite Rock Fast, utilizado en este estudio, lo cual coincide con lo recomendado por Singh et al. (2023) quien menciona que la resistencia a la fuerza compresiva disminuye cuando se aumenta la proporción de agua-polvo.

Los diferentes estudios que comparan la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV, han demostrado resultados variados en cuanto a la mejor disolución para maximizar dicha resistencia, los estudios observados han comparado el agua destilada, el agua de grifo, el agua potable y/u otras presentaciones, los cuales además presentan diferencias en la marca de yeso utilizado, así como en la metodología de procesamiento de las muestras a ser evaluadas, siendo en muchos casos no consecuentes con los estándares internacionales estipulados por la ISO 6873:2013 como es el caso de los estudios de Cruzado et al. (2023) y Paredes et al. (2021) siendo esto un limitante para la estandarización de estudios y comparación de resultados.

Este estudio es el primero que busca comparar la resistencia a la fuerza compresiva evaluando el pH del agua, ya que la literatura se enfoca principalmente en comparar los tipos de agua disponibles, principalmente entre agua destilada y agua de grifo o potable como lo realizaron los estudios de Paredes et al. (2021), Singh et al. (2023) y Trujillo (2018) y en algunos casos comparando con otros tipos de agua como en los estudios de Dos Santos et al. (2015), Taqa et al. (2012) y Puspitasari et al. (2019).

VI.CONCLUSIONES

6.1. Al evaluar la resistencia compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico en diferentes concentraciones de pH no se encontró diferencia significativa de la resistencia compresiva entre los cinco grupos.

6.2. La resistencia compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con pH ácido (pH 4.41) obtuvo un valor de 28.042 ± 5.622 MPa, siendo el de mayor media de los 5 grupos.

6.3. La resistencia compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con pH muy alcalino (pH 12.81) obtuvo un valor de 26.386 ± 2.716 MPa.

6.4. La resistencia compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con pH alcalino (pH 9.5) obtuvo un valor de 24.95 ± 4.143 MPa.

6.5. La resistencia compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con pH neutro (control) obtuvo un valor de 24.486 ± 3.147 MPa.

6.6. La resistencia compresiva del yeso tipo IV de uso odontológico utilizando agua con pH muy ácido (pH 2.7) obtuvo un valor de 23.564 ± 2.367 MPa, siendo este el de menor media de los 5 grupos.

VII. RECOMENDACIONES

7.1. Realizar otros estudios involucrando un número mayor de muestras, para de esta manera disminuir el margen de error.

7.2. Realizar estudios considerando el tiempo de mezcla, temperatura y fraguado del material relacionado a otras propiedades físicas.

7.3. Realizar más estudios con otros tipos de yesos como los reforzados con resina y los utilizados en el laboratorio que requieren un mejor margen de precisión y resistencia.

VIII. REFERENCIAS

- Aljubori, O., Mohammad, A., Aljafery, A. y Al-Mussawi, R. (2020). Evaluation of the Linear Dimensional Changes and Hardness of Gypsum Product / Stone Type IV after Adding Silica Nanoparticles. *Nano Biomed. Eng.*, 12(3), 227-231.
<https://www.sciopen.com/article/10.5101/nbe.v12i3.p227-231>
- Armstrong, F. y Bennett, T. (1982). *Bioquímica*. Reverté.
- Ávila, J. y Alcón, G. (2013) Yesos Odontológicos (GYPSO). *Rev. Act. Clin. Med*, 30, 1483-1487. http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-37682013000300002&lng=pt&nrm=iso
- Barceló, F. (2024) *Materiales dentales*. (6ª ed.). Trillas.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación*. (3ª ed.). Pearson.
- Chiayi, C., Ralph, H. y Esquivel, J. (2022). *Phillips' science of dental materials* (13º ed.). Elsevier.
- Cova, J. (2004). *Biomateriales dentales*. (2ª ed.) Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica.
- Craig, R. (2018). *Restorative dental materials* (14ª ed.). Elsevier.
- Cruzado, F. (2023) *Comparación in vitro de la dureza, resistencia a compresión y estabilidad dimensional de los yesos dentales tipo IV de comercialización nacional*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional UNT.
<https://dspace.unitru.edu.pe/items/48b5cb3f-cee7-4b57-ac33-ea4a0326f74f>
- Delgado, E. (2021) *Química inorgánica básica*. Universidad Politécnica Salesiana.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20283>
- Dos Santos, J., Suzuki, M., Da Costa, S., Hirata, B., Lopes, M. y Ruiz, E. (2015) Influencia de diferentes tipos de agua en las propiedades físicas y mecánicas del yeso. *Braz. J. Ciencia oral*, 14(3).

http://revodonto.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-32252015000300005

Félez, M. (2009). *Situación actual del estado de la depuración biológica. Explicación de los métodos y sus fundamentos*. [Tesis de pregrado, Universitat Politècnica de Catalunya].

Repositorio

Institucional

UPCommons.

<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/6263>

Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. (6ª ed.). McGraw-Hill Interamericana Editores.

Jei, B. y Anitha, K. (2021) Evolution of Impression Tray and Materials- A Literature Review.

J Clin Prosth Impl, 3(2), 37-41.

https://www.researchgate.net/publication/360487133_Evolution_of_Impression_Tray_and_Materials-_A_Literature_Review

Macchi, R. (2007) *Materiales dentales*. (4ª ed.). Panamericana.

Paredes, I. y Vertiz, D. (2021). *Resistencia compresiva y dureza superficial del yeso tipo IV con agua potable y destilada*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo].

Repositorio Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/74727>

Prakash, V. y Gupta, R. (2019) *Textbook of Dental Materials*. Jaypee Brothers Medical Publishers.

Priya, S., Priyadarshini, K., Priyadarshini, K., Sabhana, B. y Ranjani, T. (2023). Evaluation of Setting Time and Compressive Strength on Various Proportions of Type 2 And Type 3 Gypsum Products in Comparison with Only Type 2 Gypsum; A Comparative Study. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 4(12), 2260-2265.

<https://ijrpr.com/uploads/V4ISSUE12/IJRPR20360.pdf>

- Puspitasari, D., Fikriyati1, S. y Saputera, D. (2019) Compressive strength of type III gypsum mixed with water of different water hardness level. Research report. *Jurnal Kedokteran Gigi*, 4(1), 37-40. <https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/dentino/article/view/6172>
- Reyes, J. (mayo del 2018) Los yesos en odontología. *Odontólogo modern*, 13(167). <https://percano.mx/blog-percano/wp-content/uploads/2018/05/om-mayo-18-web.pdf>
- Sanchez, Y. (2022). *Comparación de la rugosidad y resistencia a la compresión de yesos tipo IV sometidos a vibrado manual y no manual según variación de tiempo in vitro 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Norbert Wiener]. Repositorio Institucional Norbert Wiener. <https://hdl.handle.net/20.500.13053/9543>
- Shillingburg, H. (2012). *Fundamentals of fixed prosthodontics* (4^a ed.). Quintessence Publishing.
- Singh, S., Nand, M. y Mudliar, V. (2023) Influence of Water Type and Water/Powder Ratio on the Strength and Hardness of Type III and IV Gypsum. *Biomed J Sci & Tech Res*, 48(3), 39688-39696. <https://biomedres.us/pdfs/BJSTR.MS.ID.007647.pdf>
- Taqa, A., Mohammed, N. y Alomari, A. (2012) The Effect of Different Water Types on The Water Powder Ratio of Dental Gypsum Products. *Al-Rafidain Dent J.*, 12(1), 142-147. https://www.researchgate.net/publication/290566887_The_Effect_of_Different_Water_Types_on_The_Water_Powder_Ratio_of_Dental_Gypsum_Products
- Tipacti, C. y Flores, N. (2012). *Metodología de la investigación en ciencias neurológicas*. (4^a ed.). Editorial Unión.
- Torres, V. y Cori, M. (2013). Potencial de hidrogeniones y odontología. *Rev. Act. Clin. Med*, 40(40), 2083-2086. http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-37682014000100002&lng=es&nrm=iso

- Trujillo, J. (2018). *Diferencia en propiedades físico-mecánicas del yeso piedra tipo III y yeso piedra mejorado tipo IV de uso odontológico, al mezclar con agua destilada o agua de cañería*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Institucional USAC. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/838>
- Vargas, G. (2021) *Evaluación de la resistencia a fuerzas compresivas en tres tipos de yeso IV según tiempo de post fraguado*. [Tesis de pregrado, Universidad Norbert Wiener]. Repositorio Institucional Norbert Wiener. <https://hdl.handle.net/20.500.13053/10642>

IX. ANEXOS

9.1. Anexo A

9.1.1. Matriz de consistencia

RESISTENCIA A LA FUERZA COMPRESIVA DEL YESO TIPO IV UTILIZANDO AGUA EN DIFERENTES CONCENTRACIONES DE PH				
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Diseño
¿Existe diferencia significativa entre la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV utilizando agua	Objetivo General: Comparar la resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV utilizando agua en diferentes concentraciones de pH.	La resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV utilizando agua en diferentes	Variable Independiente: Diferentes concentraciones de pH en el agua: muy ácido, ácido, neutro, alcalino y muy alcalino	Tipo de estudio: Cuantitativo Experimental Transversal Prospectivo
	Objetivos Específicos: -Evaluar la fuerza compresiva del yeso tipo IV utilizando agua con pH neutro (control).			Población y Muestra:

en diferentes concentraciones de pH?	-Identificar la fuerza compresiva del yeso tipo IV utilizando agua con pH muy ácido. -Medir la fuerza compresiva del yeso tipo IV utilizando agua con pH ácido. -Valorar la fuerza compresiva del yeso tipo IV utilizando agua con pH alcalino. -Calcular la fuerza compresiva del yeso tipo IV utilizando agua con pH muy alcalino.	concentraciones de pH, presentará alteraciones durante su manejo.	Variable Dependiente: Resistencia a la fuerza compresiva del yeso tipo IV	La población está conformada por 45 muestras, divididas en 5 grupos de 9 muestras cada uno.
--------------------------------------	---	---	---	---

9.2. Anexo B

9.2.1. Ficha de recolección de datos

YESO TIPO IV Zhermack ® MEZCLADO CON AGUA DE pH:									
MUY ÁCIDO pH = 2.7		ÁCIDO pH = 4.41		NEUTRO pH = 7.01		ALCALINO pH = 9.5		MUY ALCALINO pH = 12.81	
Nº	MPa	Nº	MPa	Nº	MPa	Nº	MPa	Nº	MPa
1		1		1		1		1	
2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5	
6		6		6		6		6	
7		7		7		7		7	
8		8		8		8		8	
9		9		9		9		9	

9.3. Anexo C

9.3.1. Norma ISO 6873:2013

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
6873

Third edition
2013-04-01

Dentistry — Gypsum products

Médecine bucco-dentaire — Produits à base de gypse

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 6873:2013
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/81a35073-80e4-40bf-ba51-18f9d8ba990/iso-6873-2013>



Reference number
ISO 6873:2013(E)

© ISO 2013

9.4. Anexo D

9.4.1. Carta de presentación de presentación para uso del taller – Clínica de Rehabilitación Oral UNFV



Universidad Nacional
Federico Villarreal

**FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA**

"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO

Pueblo Libre, 24 de marzo de 2025

**Dr.
PAUL ORESTES MENDOZA MURILLO
DIRECTOR – DEPARTAMENTO ACADÉMICO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**ATENCIÓN: TALLER – CLÍNICA DE REHABILITACIÓN ORAL
Presente.-**

De mi especial consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con la finalidad de presentarle a la Bachiller en Odontología Srta. Fiorella del Carmen Guzmán Aparicio, quien se encuentra realizando el Plan de Tesis titulado:

**«RESISTENCIA A LA FUERZA COMPRESIVA DEL YESO TIPO IV DE
USO ODONTOLÓGICO UTILIZANDO AGUA EN DIFERENTES
CONCENTRACIONES DE PH»**

En tal virtud, mucho agradeceré le brinde las facilidades del caso a la Srta. Guzmán quien realizará el siguiente trabajo:

✓ *Se realizará la confección de muestras de yeso odontológico.*

Estas actividades, le permitirán a la bachiller, desarrollar su trabajo de investigación.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para renovarle los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente



Firmado digitalmente por:
MEDINA Y MENDOZA Julia
Ebia FAU 20170934289 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 24/03/2025 17:20:38-0500

**Mg. JULIA ELBIA MEDINA y MENDOZA
JEFE
OFICINA DE GRADOS y GESTIÓN DEL EGRESADO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

Se adjunta: Plan de Tesis – folios (27)
e-mail: 2016013489@unfv.edu.pe

020-2025
NT: 011696- 2025
JEMM/Luz V.

Calle San Marcos N° 351 – Pueblo Libre -
Correo electrónico: ogt.fo@unfv.edu.pe

Telef.: 7480888 - 8335



Universidad Nacional

Federico Villarreal

"Año de la recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

FACULTAD DE

ODONTOLOGIA

DEPARTAMENTO ACADÉMICO

Pueblo Libre, 26 de marzo de 2025.

OFICIO N° 073-2025-DA-FO-UNFV

Magister

JESUS QUIROZ MEJIA

RESPONSABLE DEL TALLER – CLINICA DE REHABILITACION ORAL

Presente. -

ASUNTO: Autorización para el Uso del Taller.

REFERENCIA: 1. Carta S/N de la OFICINA DE GRADOS Y
GESTIÓN DEL EGRESADO (recibida 26/03/2025)

2. Racionalización Académica 2025

Es grato dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente y en atención a la racionalización académica 2025, sírvase brindar las facilidades del caso a la Bachiller en Odontología Srta. **FIGORELLA DEL CARMEN GUZMAN APARICIO**, quien se encuentra realizando el Plan de Tesis, Titulado: «**RESISTENCIA A LA FUERZA COMPRESIVA DEL YESO TIPO IV DE USO ODONTOLÓGICO UTILIZANDO AGUA EN DIFERENTES CONCENTRACIONES DE PH**», la misma que permitirá desarrollar su trabajo de investigación, en preparación de las muestras del proyecto.

Sin otro particular es propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de nuestra especial consideración.

Atentamente,

Dr. Paúl Orestes Mendoza Murillo
Director
Departamento Académico

Se adjunta Protocolo de Tesis
//Flor Barrera

CC FIGORELLA DEL CARMEN GUZMAN APARICIO
Folios: 28
NT: 011696-2025

9.5. Anexo E

9.5.1. Carta de presentación laboratorio HTL



Universidad Nacional
Federico Villarreal

**FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA**

"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO

Pueblo Libre, 7 de febrero de 2025

ING.
ROBERT EUSEBIO TEHERAN
JEFE DE LABORATORIO
HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE SAC
Presente.-

De mi especial consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con la finalidad de presentarle a la Bachiller en Odontología, Srta. Fiorella del Carmen Guzman Aparicio quien se encuentra realizando el Plan de Tesis titulado:

**«RESISTENCIA A LA FUERZA COMPRESIVA DEL YESO TIPO IV DE
USO ODONTOLÓGICO UTILIZANDO AGUA EN DIFERENTES
CONCENTRACIONES DE PH»**

En tal virtud, mucho agradeceré le brinde las facilidades del caso a la Srta. Guzman quien realizará el siguiente trabajo:

✓ Realizar ensayos de resistencia a la compresión de muestras de materiales de yeso odontológico.

Estas actividades, le permitirán a la bachiller, desarrollar su trabajo de investigación.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para renovarle los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente


Dr. FRANCO RAÚL MAURICIO VALENTÍN
DECANO

Se adjunta: Plan de Tesis - folios (27)

008-2025

NT: 011696- 2025

JEMM/Luz V.


Mg. JULIA ELBIA MEDINA y MENDOZA
JEFE

OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

9.6. Anexo F

9.6.1. Imágenes de ejecución de proyecto



Imagen 1: Materiales usados: Bolsa sellada de yeso tipo IV marca Zhermack ®, espátula de yeso, tazas de goma, dosificadores, platinas de vidrio, glicerina, tubo de PVC, una botella de agua destilada, un gotero, una bagueta, 10 ml de Ácido Cítrico, 10 gr de Bicarbonato de Sodio, un vibrador de yeso, un medidor de pH digital y una balanza digital.



Imagen 2: Confección de los 45 tubos de PVC con altura de 40 ± 0.4 mm y diámetro de 20 ± 0.2 mm.



Imagen 3: Confección de 9 muestras de yeso tipo IV marca Zhermack ® con agua de pH neutro (pH 7.01)



Imagen 4: Confección de 9 muestras de yeso tipo IV marca Zhermack ® con agua de pH ácido (pH 4.41)



Imagen 5: Confección de 9 muestras de yeso tipo IV marca Zhermack ® con agua de pH muy ácido (pH 2.7)



Imagen 6: Confección de 9 muestras de yeso tipo IV marca Zhermack ® con agua de pH alcalino (pH 9.5)

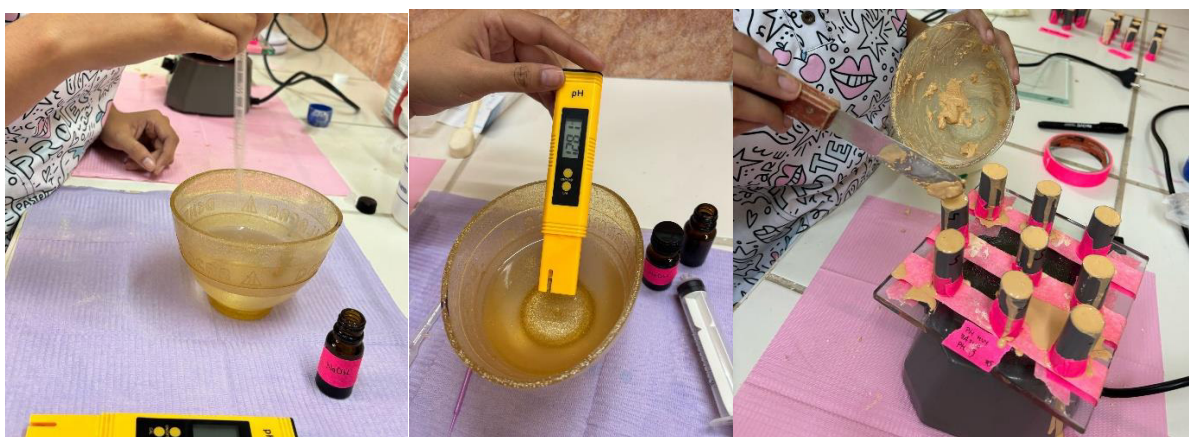


Imagen 7: Confección de 9 muestras de yeso tipo IV marca Zhermack ® con agua de pH muy alcalino (pH 12.81)



Imagen 8: Muestras cilíndricas fraguadas, desmoldadas y regularizadas



Imagen 9: 45 muestras cilíndricas en sus recipientes rotulados.



Imagen 10: Corroborando las medidas con la ayuda de un pie de rey digital Mitutoyo-200 mm.



Imagen 11: Muestras sometidas a prueba de resistencia compresiva en la máquina de ensayo universal y registrado en software.

9.7. Anexo G

9.7.1. Resultados



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°		IEO-052-2025	VERSIÓN N° 01	Fecha de emisión:	20-04-2025
ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE YESO ODONTOLÓGICOS					
1. DATOS DE LOS TESIS					
Nombre de tesis	"RESISTENCIA A LA FUERZA COMPRESIVA DEL YESO TIPO IV DE USO ODONTOLÓGICO UTILIZANDO AGUA EN DIFERENTES CONCENTRACIONES DE PH"				
Nombres y Apellidos	Fiorella Del Carmen Guzman Aparicio				
Dni	70879926				
Dirección	CA. Máximo Gorbitz 857, San Juan de Miraflores				
2. EQUIPOS UTILIZADOS					
Instrumento	Marca	Aproximación	Calibración	Los resultados del informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y son válidos únicamente para las muestras ensayadas.	
Equipo de Ensayos Mecánicos Vernier Digital	LG - WEW-300B Mitutoyo - 200 mm	0.002 kN 0.01mm	LFP-C-012-2025 CL-143-2024		
3. IDENTIFICACION DE LA MUESTRA					
Muestras de Yeso tipo IV odontológicos	Cantidad	: Cuarenta y cinco (45) muestras			HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este documento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del informe aquí declarados.
	Material	: Cilindros de yeso tipo IV de Ø20 mm x 40 mm de altura, utilizando:			
	Grupo 1	: Agua pH muy ácido			
	Grupo 2	: Agua pH ácido			
	Grupo 3	: Agua pH neutro			
	Grupo 4	: Agua pH alcalino			
	Grupo 5	: Agua pH muy alcalino			
4. RECEPCION DE MUESTRAS					
Fecha de Recepción de muestras	16 de Abril del 2025			Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del Sistema de calidad de la entidad que lo produce.	
Condiciones de la muestra	Zona normalizada				
Analista asignado	RET				
Fecha de Ensayo	19 de Abril del 2025				
Lugar de Ensayo	HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. Jr. Nepentas 364 Urb. San Silvestre, San Juan de Lurigancho, Lima.				
5. CONDICIONES DE ENSAYO					
	Inicial	Final			
Temperatura	22.0 °C	22.0 °C			
Humedad Relativa	62 %HR	62 %HR			
5. REFERENCIA DE PROCEDIMIENTO					
El ensayo se realizó bajo el siguiente procedimiento:					
PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN			CAPITULO/NUMERAL	
ISO 6873:2013	Odontología — Productos de yeso			7.6 Compressive Strength	

INFORME DE ENSAYO N°		IEO-052-2025	VERSIÓN N° 01	Fecha de emisión:	20-04-2025
7. RESULTADOS DE ENSAYOS					
7.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN					
Grupo 1: Yeso tipo IV + Agua pH muy ácido					
Muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm²)	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Compresión (Mpa)
1	19.92	40.20	311.65	6608.43	21.20
2	20.02	39.81	314.79	8812.05	27.99
3	19.91	40.01	311.34	6450.21	20.72
4	20.16	39.99	319.21	7538.32	23.62
5	19.90	39.99	311.03	7282.21	23.41
6	20.08	39.97	316.68	6694.32	21.14
7	20.09	40.06	316.99	8121.80	25.62
8	19.93	40.16	311.96	7724.29	24.76
9	20.13	39.93	318.26	7515.90	23.62
Grupo 2: Yeso tipo IV + Agua pH ácido					
Muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm²)	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Compresión (Mpa)
1	20.07	40.06	316.36	8606.83	27.21
2	20.12	39.83	317.94	7635.79	24.02
3	20.08	40.03	316.68	12428.72	39.25
4	20.07	39.84	316.36	10192.17	32.22
5	20.04	40.05	315.42	6480.52	20.55
6	19.92	39.88	311.65	8213.25	26.35
7	19.89	39.83	310.71	9825.08	31.62
8	20.05	40.17	315.73	8744.91	27.70
9	20.13	39.85	318.26	7465.33	23.46
Grupo 3: Yeso tipo IV + Agua pH neutro					
Muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm²)	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Compresión (Mpa)
1	19.93	40.12	311.96	7222.37	23.15
2	20.00	39.91	314.16	8029.14	25.56
3	20.13	39.84	318.26	7790.44	24.48
4	19.99	39.97	313.85	7914.19	25.22
5	20.04	39.87	315.42	6902.29	21.88
6	20.11	40.17	317.62	7245.80	22.81
7	20.05	39.91	315.73	10150.45	32.15
8	20.00	39.86	314.16	7075.16	22.52
9	19.91	40.00	311.34	7036.81	22.60
Grupo 4: Yeso tipo IV + Agua pH alcalino					
Muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm²)	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Compresión (Mpa)
1	19.94	39.89	312.28	6991.39	22.39
2	19.98	39.94	313.53	6059.55	19.33
3	20.02	39.80	314.79	9857.43	31.31
4	20.18	40.19	319.84	7767.05	24.28
5	19.93	40.20	311.96	8633.03	27.67
6	20.02	39.84	314.79	9682.48	30.76
7	20.17	40.10	319.52	7840.96	24.54
8	20.15	39.81	318.89	6813.71	21.37
9	19.91	40.12	311.34	7128.87	22.90





LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°		IEO-052-2025		VERSIÓN N° 01		Fecha de emisión:		20-04-2025	
Grupo 5: Yeso tipo IV + Agua pH muy alcalino									
Muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm²)	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Compresión (Mpa)				
1	20.13	40.15	318.26	6616.87	20.79				
2	20.15	39.90	318.89	9263.01	29.05				
3	19.91	39.87	311.34	8737.29	28.06				
4	20.16	40.01	319.21	7462.30	23.38				
5	20.08	39.87	316.68	9008.74	28.45				
6	19.93	39.84	311.96	7928.54	25.41				
7	20.00	40.18	314.16	8580.34	27.31				
8	20.02	39.88	314.79	8564.09	27.21				
9	20.00	39.88	314.16	8736.02	27.81				
  ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN CIP: 193364 INGENIERO MECÁNICO Jefe de Laboratorio  HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE									
El resultado es solo válido para las muestras proporcionadas por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe de ensayo.									
FIN DEL DOCUMENTO									

9.8. Anexo H

9.8.1. Ficha de calibración



Certificado de Calibración

LFP - C - 012 - 2025

Laboratorio de Fuerza, Torque y Presión

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Página 1 de 4

Expediente	1054470
Solicitante	HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.
Dirección	Jirón Nepentás 364 urb. san silvestre San Juan de Lurigancho
Instrumento de Medición	MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL
Intervalo de Indicaciones	0 kN a 300 kN
Resolución	0,002 kN
Marca	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY
Modelo	WEW-300B
Número de Serie	6796
Procedencia	CHINA
Clase de Exactitud	NO INDICA
Fecha de Calibración	2025-02-13

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Este certificado es consistente con las capacidades que se incluyen en el Apéndice C del MRA elaborado por el CIPM. En el marco del MRA, todos los institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus certificados de calibración y medición para las magnitudes, alcances e incertidumbres de medición especificados en el Apéndice C (para más detalles ver <http://www.bipm.org>).

This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the CIPM. Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see <http://www.bipm.org>).

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.
Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.

Responsable del área

Responsable del laboratorio



Firmado digitalmente
por DE LA CRUZ
GARCIA Leonardo FAU
20600283015 soft
Fecha: 2025-02-14
13:06:25



Firmado
digitalmente por
SANCHEZ AVILES
Ricardo Alfonso
FAU 20600283015
soft
Fecha: 2025-02-13
17:22:41

Dirección de Metrología

Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA
CON REGISTRO N° LC - 022



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CL-143-2024

Página 1 de 3

Fecha de emisión: 2024-08-10
Expediente: 2458-2024

SOLICITANTE : HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.
Dirección : JR. NEPENTAS NRO. 364 URB. SAN SILVESTRE SAN
JUAN DE LURIGANCHO-LIMA - LIMA

UNIDAD BAJO PRUEBA : PIE DE REY
Marca : MITUTOYO
Modelo : CD-8° ASX
Cód. fábrica : 500-197-30
Número de serie : B23082834
Cód. de identificación : No Indica
Ubicación : No indica
Alcance Indic. : 0 mm a 200 mm;
0 in a 8 in
Resolución : 0,01 mm; 0,0005 in
Tipo de Indicación : Digital
Procedencia : Japón

DE LA CALIBRACIÓN
Fecha : 2024-08-10
Lugar : Laboratorio de Calibración de UNIMETRO S.A.C.
Método : Según el PC-012 Procedimiento de calibración de pie
de rey 5ta. Edición, Agosto 2012, SNM-INDECOPI.

UNIMETRO S.A.C. ofrece a la industria y laboratorios de ensayo en general, los servicios de calibración de equipos e instrumentos de medición, contando para ello con un laboratorio equipado con equipos de alta tecnología y patrones trazables a patrones nacionales y patrones de referencia (DM-INACAL).

Los resultados del presente certificado sólo son válidos para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIMETRO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo e instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de calibración que figuran en este documento.

El usuario debe recalibrar sus equipos en intervalos adecuados, teniendo como base las características del trabajo realizado así como el mantenimiento del instrumento y el tiempo de vida del mismo.

RESULTADO DE LAS MEDICIONES

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones de referencia del Laboratorio Nacional y/o laboratorios acreditados, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia del INACAL-DM	Bloques Patrón de Longitud IL-04	LLA-C-003-2023 - INACAL-DM
	Varillas Cilíndricas IL-15	LLA-200-2021 - INACAL-DM
	Anillo Patrón IL-14	LLA-174-2021 - INACAL-DM



MOISÉS ADOLFO INGA CHUCOS
INGENIERO FÍSICO
CIP N° 137294

Firmado digitalmente por
INGA CHUCOS
MOISÉS ADOLFO
FIR 10020315 hard
Fecha: 2024.08.10
12:09:33 -05'00'



PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

9.9. Anexo I

9.9.1. Ficha técnica Zhermack Elite Rock Fast



Elite Rock Fast

☐ **Yeso rápido extra duro tipo 4** para muñones en prótesis fija

Precisión e velocidad sin compromisos



COLORES




APLICACIONES

Realización rápida de **modelos y muñones individuales** en prótesis fija y removible.

VENTAJAS

- Realización veloz** del modelo en solo 25' manteniendo un **adecuado tiempo de trabajo**
- Mezcla simplificada** y **tixotropía equilibrada** para facilitar la realización del modelo
- La **elevada resistencia a la compresión** reduce al mínimo la abrasión garantizando **una mayor precisión** del trabajo protésico
- Baja expansión** también a 48 horas

 Gracias a su formulación especial optimizado para la lectura de los sistemas **CAD/CAM**, los modelos realizados con el color **silver grey** pueden ser leídos perfectamente por todos los modernos **escáneres láser y ópticos**.

DATOS TÉCNICOS

Dosificación agua/polvo	20 ml/100 g
Tiempo para retirar el modelo	25'
Expansión a 2 h	0,08 %
Resistencia a la compresión a 48 h	81 MPa (826 kg/cm ²)

