



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE MEDICINA
ESPECIALIDAD EN REHABILITACIÓN BUCAL



“ESTUDIO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ENTRE LOS
YESOS TIPO IV GC FUJIROCK EP-PREMIUM, ZHERMACK ELITE ROCK,
KULZER MOLDASTONE”.

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la

ESPECIALIDAD EN REHABILITACIÓN BUCAL

Presenta:

L.O. Eduardo José María Carrillo Martínez

Dirigido por:

C.D.E.I. Daniel Alejandro Montalván Aguilar.

Febrero 2022



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales
de Información



ESTUDIO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN ENTRE LOS YESOS TIPO IV GC
FUJIROCK EP-PREMIUM, ZHERMACK ELITE ROCK,
KULZER MOLDASTONE

por

Eduardo José María Carrillo Martínez

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0
Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Clave RI: MEESN-134616

RESUMEN.

Introducción: El yeso dental tipo IV es el principal material utilizado para la obtención en positivo de los modelos que se tienen a partir de una impresión dental. En estos modelos se fabrican las prótesis dentales; unitarias o múltiples, acrílicas, metálicas o cerámicas que van a remplazar las estructuras ausentes de la cavidad bucal.

Objetivo: Medir la resistencia a la compresión del yeso tipo IV de diferentes marcas y comparar los resultados entre ellas.

Material y métodos: Por medio de un estudio experimental, *in vitro*. Los yesos tipo IV utilizados fueron Fujirock EP-Premium (GC), Elite Rock (Zhermack), Moldastone (Kulzer), Nic Stone (MDC) y Moldarock Royal (Kulzer) estos dos últimos como grupos control. Se elaboraron 50 especímenes (especificación número 25 de la Asociación Dental Americana), con forma cilíndrica de un tamaño de 40 mm de alto y 20 mm de diámetro divididos en 5 grupos de 10 especímenes por cada marca de yeso tipo IV para la prueba de compresión. Como complemento a esta investigación se realizaron 50 especímenes (especificación número 25 de la Asociación Dental Americana), con forma cilíndrica de un tamaño de 40 mm de alto y 20 mm de diámetro divididos en 5 grupos de 10 especímenes por cada marca de yeso tipo IV para la prueba de dureza de superficie (Vickers). Los datos se recopilaron en excel y se analizaron utilizando la prueba Kruskal – Wallis y la prueba de comparaciones múltiples de Dunn para determinar si había diferencias significativas entre los valores de resistencia a la compresión y dureza de superficie.

Resultados: Resistencia a la compresión: Fujirock EP-Premium 47.7 ± 8.7 Mpa; Eliterock 42.2 ± 12.8 Mpa; Moldastone 61.6 ± 10.87 Mpa; Nic Stone 50.45 ± 8.85 MPa; Moldarock Royal 51.3 ± 13.8 MPa. Y dureza de superficie: Fujirock EP-Premium 73.79 ± 5.43 HV; Eliterock 87.95 ± 4.90 HV; Moldastone 78.28 ± 5.218 HV; Nic Stone 71.27 ± 5.01 HV; Moldarock Royal 117.44 ± 5.87 HV.

Conclusiones: El yeso tipo IV Moldastone de la marca Kulzer presento mayor resistencia a la compresión, la mayor dureza de superficie la obtuvo Moldarock de la marca Kulzer. (**Palabras clave:** Compresión, yeso, resistencia, dureza)

SUMMARY.

Introduction: Type IV dental stone is the main material used to obtain positive models from a dental impression. These models are used to fabricate dental prostheses, whether single or multiple, acrylic, metallic or ceramic, which will replace the missing structures of the oral cavity.

Objective: The objective of this study is to measure the compressive strength of type IV gypsum of different brands and to compare the results between them.

Material and methods: By means of an experimental study, *in vitro*. The type IV casts used were Fujirock EP-Premium (GC), Elite Rock (Zhermack), Moldastone (Kulzer), Nic Stone (MDC) and Moldarock Royal (Kulzer), the latter two as control groups. Fifty specimens (specification number 25 of the American Dental Association), with a cylindrical shape of 40 mm high and 20 mm in diameter, divided into 5 groups of 10 specimens for each brand of type IV plaster were prepared for the compression test. In the same way and as a complement to this research, 50 specimens were made (specification number 25 of the American Dental Association), with cylindrical shape with a size of 40 mm high and 20 mm in diameter divided into 5 groups of 10 specimens for each brand of plaster type IV for the surface hardness test (Vickers). The data were compiled in excel and analyzed using the Kruskal - Wallis test and Dunn's multiple comparisons test to determine if there were significant differences between the values of compressive strength and surface hardness.

Results: Compressive strength: Fujirock EP-Premium 47.7 ± 8.7 Mpa; Eliterock 42.2 ± 12.8 Mpa; Moldastone 61.6 ± 10.87 Mpa; Nic Stone 50.45 ± 8.85 MPa; Moldarock Royal 51.3 ± 13.8 Mpa. And Surface hardness: Fujirock EP-Premium 73.79 ± 5.43 HV; Eliterock 87.95 ± 4.90 HV; Moldastone 78.28 ± 5.218 HV; Nic Stone 71.27 ± 5.01 HV; Moldarock Royal 117.44 ± 5.87 HV.

Conclusions: The Kulzer's Moldastone type IV gypsum had the highest compressive strength, while Kulzer's Moldarock had the highest surface hardness.

(Keywords: Compression, gypsum, resistance, hardness).

DEDICATORIAS.

A Dios por brindarnos la dicha de la vida, para él todo.

A los miembros de mi familia por apoyarme en llegar a este punto de mi vida profesional, sin ustedes esto no sería posible. Varis, Hor, Caro, Rosa, Moni, Wero, Isai, Vale, Oswi, Elena, Chuco, Alexts, Rossy, Ceci y Michelle.

A la Familia Monpy, Bubu, Monpicho y Beba drous gracias por ser lo que hoy somos y queremos ser.

Al niño de 5 años que se sentaba en las escaleras con una grabadora en las piernas a cantar canciones a todo pulmón... Lo vas a lograr.

Al Goldenhar por ser mi gran maestro en la vida.

Y a ti que lo estas leyendo.

AGRADECIMIENTOS.

A mis profesores de la especialidad, gracias por transmitirme sus conocimientos y ayudarme a ser el profesionista que hoy soy en día.

Al Dr. Rubén Domínguez por su eterna disposición y ayuda durante la elaboración de esta investigación.

A la Dra. Rosa Maria Sánchez Ayala por sus consejos y lecturas de revisión.

A la Dra. Maria Ivone Paniagua Hernández por ayudarme y alentarme en terminar la investigación.

Al Dr. Daniel Montalván por ser el director y confiar en mi para la elaboración de esta investigación.

A CENTA (Centro Nacional de Tecnologías Aeronáuticas) y al CIDESI (Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial) con especial atención y gratitud al Dr. Ulises Sánchez Santana por apoyarnos en realizar los ensayos de esta investigación en sus instalaciones y a su alumno Mtro. Ricardo Alberto Lozada Loyola por su trabajo en el laboratorio de pruebas. Sin su paciencia y ayuda no se hubiera logrado.

A la Universidad Autónoma de Querétaro por ser mi Alma mater desde preparatoria hasta especialidad.

A la facultad de medicina de la UAQ por el apoyo brindado durante este tiempo a pesar de la pandemia siempre sus puertas estuvieron abiertas para utilizar sus instalaciones y laboratorios. A su personal administrativo por ayudarme con los tramites necesarios para concluir esta etapa academica, C. Marina Cano Jiménez y C. Ana Laura Rangel Gudiño.

A DMC (Centro Medico para la Diabetes) por confiar en mi para ser parte de su equipo de trabajo y apoyarme para finalizar esta investigación de manera exitosa. Ing. Juan José Nardiz, Lic. Ana Celia García Canizal, Alonso Rivera Aguado.

Gracias.

ABREVIATURAS.

CaSO₄·2H₂O Sulfato de calcio dihidratado

CaSO₄ • ½ H₂O Sulfato de calcio semihidratado

° **C** Grado centígrado

° **F** Grado Fahrenheit

Kpa Kilopascal

MPa Megapascal

P/A Polvo/Agua

lbs/in² Libras/pulgada al cuadrado

Min. Minuto

MI. Mililitro

ADA American Dental Association

INDICE.

RESUMEN.....	2
SUMMARY.....	3
DEDICATORIAS.....	4
AGRADECIMIENTOS.....	5
ABREVIATURAS.....	6
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. ANTECEDENTES.....	20
III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	25
IV. HIPÓTESIS.....	26
V. OBJETIVOS.....	27
VI. MATERIAL Y MÉTODOS.....	29
VII. RESULTADOS.....	58
VIII. DISCUSIÓN.....	62
IX. CONCLUSIONES.....	65
X. PROPUESTAS.....	66
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	67
XII. ANEXOS.....	71

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1	
Comparación de la resistencia a la compresión de los cinco yesos evaluados...	58
Tabla 2	
Prueba de comparaciones múltiples de Dunn para resistencia a la compresión..	59
Tabla 3	
Comparación de la dureza de superficie de los cinco yesos evaluados.....	60
Tabla 4	
Prueba de comparaciones múltiples de Dunn para dureza de superficie.....	61

MARCO TEÓRICO.

I. INTRODUCCIÓN.

El yeso es un mineral que está presente en la naturaleza de manera abundante, es materia cerámica, que al analizar su estructura con microscopio electrónico y con difracción de radiaciones se puede detectar que es de una naturaleza multi cristalina (una porción de yeso se constituye por numerosos cristales de manera similar a la constitución de una porción del esmalte presente en los dientes).

El análisis de la composición de los cristales muestra que contiene azufre, oxígeno y calcio, en forma de un sulfato de calcio, hidrogeno y oxigeno como agua de cristalización (Macci, 2013).

Observando el yeso desde un punto de vista químico, el yeso que se emplea en la odontología es sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) casi puro. Sin embargo, durante siglos se han utilizado diferentes formas cristalinas de yeso tanto para la construcción, para realizar tallados y a su vez formar esculturas. Prácticamente hoy en día los derivados del yeso forman parte esencial en la industria, en casas y edificios al poseer paredes y acabados hechas de este material (Anusavice, 2004). Dentro del campo de la medicina, el yeso se utilizó por primera vez para el tratamiento de las fracturas óseas, reforzado con vendas; limitando e inmovilizando las extremidades para su sanación (Toledano Pérez, 2003).

Los productos derivados del yeso se emplean en la odontología, en la preparación de modelos de estudio para estructuras orales y maxilofaciales, a su vez se dispone de ellos como materiales auxiliares en los procesos de fabricación de prótesis dentales en el laboratorio. Se cuenta con diferentes tipos de yeso para modelos, los cuales se crean y se modifican de acuerdo con las necesidades y requisitos específicos para cada prótesis y rehabilitación dental (Anusavice, 2004).

El descubrimiento del yeso α (alfa) en 1930 en conjunto a la aparición del alginato como material de impresión en el campo de la odontología, dio la pauta y permitió trabajar con modelos de yeso de dureza mejorada e hizo posible realizar patrones indirectos (Toledano Pérez, 2003).

Los productos de yeso dental y yeso piedra se obtienen como resultado de la calcinación del sulfato dihidratado de calcio o yeso. Durante su proceso industrial el yeso se tritura y es sometido a temperaturas que oscilan de 100 a 120° C (230 a 250° F) con el fin de eliminar parte del agua de cristalización, que es la cantidad necesaria para convertir $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ (Sulfato dihidratado de calcio a sulfato de calcio semihidratado). Correspondiendo esto a un primer paso de la reacción. Conforme la temperatura aumenta, el resto del agua de cristalización es eliminada y se forman los productos (Anusavice, 2004).

Otro método empleado para la obtención de los productos es mediante calor húmedo utilizando un auto clave, patentado por Randel y Dailey. Consiste en colocar cubos de yeso dentro del autoclave y calentarlos a 117 – 212 Kpa de presión y una temperatura de 120 -147 °C por 5-7 horas. Después de terminado el proceso de calentamiento, el producto resultante de los bloques de yeso se enfría a temperatura ± 100 °C luego se tritura y refina hasta obtener una partícula de malla 100 -200, cuanto más fina sea la partícula, mejor será el producto de yeso (Wahyuning, 2008).

Dependiendo de la técnica de calcinación, los resultados obtenidos serán diferentes formas de hemihidrato las cuales reciben el nombre de hemihidrato α , hemihidrato α -modificado y hemihidrato β (beta). Las denominaciones α y β se utilizan más por tradición o debido a que es más fácil identificarlas de esta manera, sin embargo, no debe de deducirse que existe una diferencia mineralógica. La diferencia radica en el tamaño de los cristales, la superficie y el grado de perfección de la red. La forma β , conocida como yeso dental está formada por grandes partículas de

crystal ortorrómbico de formas irregulares con poros capilares, mientras que la forma α está compuesta de partículas cristalinas regulares de tamaño más pequeño en forma de cilindros o prismas. Para la obtención del hemihidrato α - modificado se hierve el yeso en una solución acuosa al 30% de cloruro cálcico y cloruro de magnesio. Al realizar este procedimiento se obtienen partículas de polvo más lisas y densas de los 3 tipos; este producto se utiliza de manera principal para la confección de troqueles de trabajo. El hemihidrato α se conoce como yeso artificial, yeso para troqueles o yeso mejorado. Al mezclarse con agua, la reacción se invierte y el material que se obtiene de esta mezcla es mucha más resistente y duro que el obtenido de la mezcla de agua con el hemihidrato β . La principal razón de esta diferencia es dada debido a que el polvo del hemihidrato α se mezcla con una menor cantidad de agua en comparación al hemihidrato β . Las partículas presentes en el hemihidrato β tienden por su forma irregular y por su porosidad más elevada a absorber mayor cantidad de agua. Independientemente del tamaño de partículas y la superficie total, la distribución del tamaño de partículas desempeña también un papel importante en la determinación de la cantidad de agua necesaria. Finalmente, la pulverización de las partículas una vez preparado el hemihidrato trae consigo la eliminación de los cristales afilados y proporciona características mejores para su empaquetado, reduciendo la cantidad requerida de agua (Anusavice, 2004).

La composición de los yesos es dada por una mezcla de:

- Sulfato de calcio hemihidratado.
- Tierra Alba al 1 %: Sulfato de calcio dihidratado. Ayuda en el proceso de cristalización y fraguado.
- Sulfato Potásico (SO_4K_2) al 2 %: Disminuye el porcentaje de expansión de fraguado ya que acelera el fraguado del yeso.
- Cloruro sódico al 2 % y Sulfato Sódico al 3.4 %: disminuyen el tiempo de fraguado, sin embargo, aumentan la expansión.
- Bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$): Retarda el tiempo de tiempo de fraguado, lo que genera una compensación con la actividad del sulfato potásico.
- Pigmentos: Son utilizados para generar diferencias ópticas en el color de los tipos de yeso.

-Óxido de calcio y goma arábica reduce la cantidad de agua, lo que genera mejores propiedades del yeso (Toledano Pérez, 2003).

Clasificación de yesos.

Para poder seleccionar que material se debe utilizar para troqueles y modelos se debe considerar algunos factores como son: el material en el cual fue tomado la impresión, el uso que se le dará al modelo, las propiedades físicas y mecánicas que se necesite (Hatrack, 2012).

1. Yeso TIPO I o yeso de impresión: Compuesto por yeso de París al cual se han agregado modificadores para regular tanto el tiempo y la expansión de fraguado. Actualmente ya no se utiliza para la toma impresiones dentales debido a que ha sido sustituido por materiales menos rígidos, como son los hidrocoloides y elastómeros. Regularmente se suele utilizar como impresión final en la fabricación de prótesis completas en laboratorio o para las prótesis sobre implantes, ya que la reacción exotérmica de fraguado parece no afectar a la interfase implante-hueso (Nissan, 2006).
2. Yeso TIPO II o para modelos: El yeso tipo II se caracteriza por ser relativamente débil, debido a que posee una resistencia a la compresión de tan solo 9 megapascales (Mpa) y una resistencia a la tracción de 0,6 MPa. En la actualidad este yeso es utilizado de manera exclusiva en el laboratorio para rellenar las muflas en la construcción de prótesis, montados y zócalos para los troqueles (Craig, 1999).
3. Yeso TIPO III o yeso piedra: Presenta una resistencia pobre o mínima a la hora de fraguado ya que esta oscila en el rango de los 20.7 a los 34.5 MPa. En este tipo de yeso los modelos que se obtienen con él deben de presentar una elevada resistencia y dureza, ya que los márgenes de estos son sometidos a un elevado desgaste durante el modelado de los patrones en

cera, así mismo al momento de realizar pruebas y ajustes se le confieren elevadas tensiones (Smith, 1996).

4. Yeso TIPO IV o yeso piedra de alta resistencia: Este yeso debe tener los requisitos principales de: resistencia, dureza, resistencia a la abrasión y mínima expansión de fraguado. Para poder cumplir con todos estos requerimientos se debe utilizar un hemihidrato α tipo "densita". Donde las partículas del yeso tienen forma cuboidal y una menor área superficial que permite tener todas esas propiedades sin que se espese excesivamente la mezcla (Combe, 1990; Craig, 1999; Anusavice, 2004).

Como regla general son utilizados para fabricar troqueles, modelar restauraciones creando patrones de cera, para confección de prótesis fija (Ávila, 2013).

5. Yeso TIPO V o yeso piedra dental de alta resistencia y expansión: Presenta una resistencia mayor al yeso tipo IV dado que se aumenta la proporción de P/A, de la misma manera incrementa la expansión de fraguado del 0.10% al 0.30%. Esto con base a las nuevas aleaciones que presentan una mayor contracción al momento del colado comparado con las aleaciones de metales nobles que se utilizaban con mayor regularidad. Teniendo esto en cuenta, se puede proveer de un mayor ajuste en las prótesis fabricadas con resina acrílica y que presentan una alta contracción térmica (Sykora, 1997).

Propiedades de los yesos.

Reproducción del detalle.

Los modelos de yeso no reproducen los detalles con una gran perfección, esto es debido a que el yeso una vez fraguado presenta una superficie porosa la cual es posible percibirla microscópicamente, donde se observa que es rugosa (Craig, 1999).

Resistencia a la tensión.

Tiene su mayor importancia en aquellas zonas que tienden a soportar fuerzas de flexión, como el que se produce al momento de desalojar el modelo de los materiales de impresión. Dado a que los dientes del modelo no se doblan en cambio se fracturan (Craig, 1999).

Los yesos que son utilizados para modelos tienen una resistencia a la tensión de 330 libras/pulgada al cuadrado (lbs/in²) es decir 2,3 MPa durante una hora, cuando el yeso se encuentra fraguado la resistencia a la tensión se establece y esta es duplicada. Se dice que los yesos son presentan menor resistencia a la tensión comparándolos con su resistencia a la compresión (Anusavice, 2004).

Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es una de las propiedades del yeso dental, se conoce que, si se desea obtener una mayor resistencia de este, se debe realizar una mezcla con el mínimo exceso de agua para así obtener mayor densidad y fuerza. En conclusión, la resistencia final del yeso tiene una relación directamente proporcional a la densidad del producto fraguado (Craig, 1999).

Según la teoría del fraguado, la resistencia del yeso dental va aumentando con rapidez a medida que el material se va endureciendo después del tiempo de fraguado inicial. A pesar de esto, el contenido de agua libre del producto de fraguado afecta a la resistencia (Anusavice, 2004; Amna, 2015).

Por lo que se distinguen dos tipos de resistencias en el yeso que son:

a. Resistencia húmeda o resistencia verde: esta resistencia se obtiene cuando en la muestra de prueba se deja un exceso de agua con respecto al requerido para hidratar al hemihidrato (Anusavice, 2004).

b. Resistencia seca: se produce cuando se elimina el exceso de agua de la muestra mediante la desecación. Se dice que esta resistencia puede ser el doble o más que la resistencia húmeda (Craig, 1999).

Cuando se pierden los últimos vestigios de agua se precipitan los cristales delgados de yeso con el objetivo de fijar a los cristales más grandes. Por lo tanto, si existe un exceso de agua, los cristales delgados son los primeros en disolverse, perdiéndose así los anclajes de refuerzo (Anusavice, 2004).

Exactitud dimensional.

Todos los derivados del yeso al fraguar presentan una expansión lineal cuantificable. La expansión se debe por el crecimiento de los cristales de sulfato de cálcico dihidratado y su colisión entre ellos mismos. Aunque se debe tener en cuenta que la magnitud de expansión será variable según el tipo de yeso. Para la obtención de una exactitud dimensional y poder controlar la expansión del fraguado en los modelos de yeso, se deben tomar en cuenta las maniobras de su manipulación de la misma manera que la incorporación de agentes químicos. Bien es conocido que los modelos de yeso sufren una doble expansión de fraguado cuando durante su proceso de fraguado son sumergidos en agua, este proceso es conocido como expansión higroscópica (Craig, 1999).

Dureza y resistencia a la abrasión.

La dureza superficial que presentan los yesos dentales depende de manera directa de la resistencia a la compresión que presenten los mismos, ya que se dice que a mayor resistencia a la compresión de la masa endurecida mayor será la dureza superficial del material. Al mismo tiempo la resistencia a la abrasión aumenta si la resistencia a la compresión también lo realiza. El yeso adquiere su dureza y resistencia a la abrasión máxima cuando el material ha adquirido la dureza en seco. Si se desea mejorar la dureza, la resistencia a la abrasión y al mismo tiempo obtener una superficie más lisa, se debe modificar la mezcla ya que se debe realizar con una solución endurecedora en lugar de con agua (Hooft, 2013).

Fraguado de los productos.

Se da al hacer reacción química el sulfato de calcio hemihidratado con agua para dar yeso como producto final. En este momento existen dos aspectos importantes: Uno es la liberación de calor produciendo una reacción exotérmica y el segundo

aspecto hace referencia a que el calor liberado es equivalente al calor utilizado en la calcinación para obtener el yeso (Craig, 1999; Anusavice, 2004).

Reacción de fraguado.

Se menciona en la literatura que la reacción de fraguado del yeso ocurre cuando se produce la disolución del sulfato de calcio hemihidratado, la formación de una solución saturada de sulfato cálcico, agregación de sulfato cálcico dihidratado menos soluble y por la precipitación de los cristales de dihidrato (Anusavice, 2004; Macci, 2013).

Sin embargo, existen tres teorías que explican la reacción de fraguado del sulfato cálcico hemihidratado en yeso cuando reacciona con agua.

- a) Teoría coloidal: Menciona que al momento de mezclar el polvo con agua, el yeso entra en un estado coloidal por medio de un mecanismo conocido como sol-gel.
- b) Teoría de hidratación: indica que, las partículas de yeso rehidratadas se unen mediante uniones de hidrogeno a los grupos sulfato, con el objetivo de formar el material fraguado.
- c) Teoría de la disolución-precipitación: Esta es la teoría más aceptada, describe la disolución del yeso y su recristalización instantánea, también del entremezclado de los cristales para así formar el sólido fraguado (Anusavice, 2004).

Las reacciones de fraguado se pueden comprender de la siguiente forma:

- a) Cuando el hemihidrato se mezcla con agua se obtiene una suspensión fluida y fácil de manejar.
- b) El hemihidrato se disuelve hasta formar una solución saturada.
- c) La solución saturada del hemihidrato, sobresaturada en el caso del dihidrato, hace que este último precipite.
- d) Conforme el dihidrato se precipite, la solución ya no está saturada con el hemihidrato, por lo que este se seguirá disolviendo.

Posteriormente se formarán nuevos cristales o el crecimiento de los ya existentes. Esta reacción es continua y se repetirá hasta que ya no precipita más dihidrato (Macci, 2013).

Tiempo de fraguado.

Se le conoce al tiempo que necesita la reacción para producirse, es decir es el tiempo que transcurre desde el principio de la mezcla hasta que el material endurece (Amm, 2015).

Se pueden identificar dos tiempos durante el fraguado:

- a) Tiempo Inicial: Se identifica gracias a un fenómeno conocido como la pérdida de brillo del yeso.
- b) Tiempo final: Es identificado cuando el material puede separarse de la impresión, esto siempre y cuando no existan distorsiones o roturas del yeso. Es decir, cuando la reacción química que se produce se ha completado (Craig, 1999).

Yeso tipo IV

El yeso tipo IV es el material más utilizado para modelos de trabajo en la fabricación de prótesis fijas (Ukhanov, 2009).

El yeso tipo IV juega un rol importante durante la fabricación de restauraciones indirectas y prótesis, esto demanda que presente una gran calidad con respecto a su fidelidad y fuerza. Debe de ser preciso en cada aspecto, presentar una estabilidad dimensional duradera, una expansión mínima, una fácil y eficaz manipulación, que sea compatible con los materiales de impresión, lo suficientemente duro para soportar los procesos de fabricación, resistente a abrasiones inadvertidas causadas durante la fabricación, una buena dureza transversal y estable tiempo de vida. Los dentistas y los técnicos dependen de estas características para fabricar prótesis precisas y predecibles (Sudhakar, 2015).

Ukhanov menciona que la Asociación Dental American (ADA) establece los límites permisibles de las propiedades del yeso, las cuales para el yeso IV son:

Proporción P/A: 0,22 – 0,24 ml

Tiempo de fraguado: 12 ± 2 min.

Expansión después del fraguado: 0,10 %

Porosidad: 10 %

Resistencia a compresión: 35 Mpa

Si bien la ADA establece los límites permisibles, los valores pueden variar entre cada casa comercial o fabricante esto es debido al tamaño de partícula que resulta de la pulverización, su relación P/A y sus manipulaciones (Ukhanov, 2010).

II. ANTECEDENTES.

El yeso es un material resistente, tiende a fracturarse por eso en la década de los setentas, se hizo un estudio donde sometieron a cargas diferentes tipos de yesos unidos mediante diferentes agentes de unión para comprobar su resistencia después de someterlos a fracturas y unirlos concluyendo que existen variaciones tanto en sus fuerzas de tensión y flexión con lo cual se sabe que no es recomendable una vez fracturado el yeso unirlo ya que va a cambiar sus propiedades físicas (Springmann,1977).

Ya en los años ochenta, se realizaron estudios donde se media como los modelos de yeso se comportaban en el laboratorio sometiéndose a cargas y la efectividad en su exactitud al colocarles películas de adhesivos para mejorar su dureza y evitar que se deformaran, teniendo como resultado que capas delgadas ayudaban a mejorar su estabilidad y su fractura (Fuki, 1980).

Wilmer Eames, publicó un artículo donde menciona los materiales ideales para evitar la inexactitud de las subestructuras protésicas una vez elaboradas en el laboratorio, menciona que lo ideal es utilizar un yeso que sea lo más resistente posible a fuerzas y que solo sea mezclado con agua en una pequeña cantidad para no modificar sus propiedades (Wilmer, 1981).

Una característica del yeso va a ser el tamaño de las partículas del polvo, ya que de esta va a depender su tiempo de trabajo, el detalle de su superficie y que puede influir en la resistencia del material, así lo establece en el estudio donde miden el tamaño de las partículas de diferentes yesos con 2 distintos tipos de mediciones una mediante la permeabilidad del aire y otra con un contador que realiza muestras de segmentos para definir la cantidad de partículas existentes en un área de limitada (Williams, 1984).

Dentro de factores que pueden alterar al yeso es el agua con la cual es hidratado, estudios realizados mencionan que la composición de esta agua va a favorecer o a

disminuir sus propiedades físicas, en el primer estudio se describe, el uso de agua destilada y desionizada va a ser la que va a dar resultados más efectivos y va a ser lo más apegado a tener las propiedades ideales, sin embargo en la práctica, algunos dentistas y técnicos dentales, utilizan “agua chirria” para aminorar su tiempo de fraguado, el agua chirria no es más que agua sobresaturada con partículas de yeso previamente fraguado que se obtiene de modelos de estudio. Sus resultados muestran que el uso del agua chirria es un buen acelerador de los tiempos de fraguado, así como el bicarbonato será un retardador ideal para este producto, la expansión se ve comprometida al utilizar de la misma manera diferentes tipos de agua recomendando el uso de agua destilada para que sus propiedades no se vean afectadas en este sentido (Brukl, 1984).

Otro estudio que se enfocó en las propiedades físicas del yeso utilizando diferentes tipos de agua, una bidestilada y otra con una base de agua bidestilada con una solución sobresaturada de yeso obtenida de modelos de estudio desechados obteniendo como resultado que el yeso mezclado con el agua sobresaturada, así como con endurecedores Stalite y endurecedor de la marca Whip-mix. Obteniendo un incremento en la resistencia a la compresión cuando se utilizan los endurecedores sin embargo mencionan que puede ser difícil su manejo adecuado para que las características mejoren y el uso de agua sobre saturada va a generar una menor resistencia a la compresión del yeso (Schneider, 1984).

La compatibilidad que tiene el yeso tipo IV con los materiales de impresión fue también objeto de investigación, en un estudio durante la introducción del polivinil siloxano se observó la buena reproducción del detalle de las estructuras que dejaba una impresión con este material y su transferencia de este con el yeso, así bien comenzó el uso de estos dos materiales como una mancuerna para sentar las bases de los procesos que se realizan en la consulta y laboratorio (Shelb, 1987).

A la par se realizó un estudio de la compatibilidad ahora con impresiones de poliéter en el cual resulto que tenía un excelente acoplamiento el yeso tipo IV a este material el cual la reproducción llego a ser de una línea de 20 μm por tanto se convirtió este yeso como el gran estándar para el vaciado de modelos (Shelb, 1989).

Parte importante para realizar una práctica segura es la desinfección de los modelos de estudio para ser enviados y manipulados por el laboratorio evitando infecciones cruzadas, sin embargo el uso de productos desinfectantes puede modificar sus propiedades físicas, se utilizó desinfectantes en aerosol con los cuales rociaron modelos de yeso tipo IV, como resultado es seguro siempre y cuando se coloque una capa muy fina de la solución sin embargo en prueba a la compresión llega a existir menores valores de resistencia del yeso por lo cual esta propiedad se ve afectada (Stern, 1991).

El método de secar el yeso puede afectar de manera significativa también las propiedades del yeso, un estudio comparativo de la resistencia a la compresión entre diferentes tipos de yesos (tipo III y tipo IV), los cuales fueron secados de manera artificial utilizando un horno de microondas durante 5 y 15 minutos a máxima potencia y con el mismo rango de tiempo a la mínima potencia de este, teniendo como grupo control el secado del yeso con aire a temperatura ambiente. Los resultados demostraron en el caso del yeso tipo IV, que el uso de un horno de microondas para el secado de los especímenes a máxima potencia en ambos intervalos de tiempo afecta de manera significativa su resistencia a la compresión comparado con el grupo control (Tuncer, 1993).

Al desinfectar las impresiones de alginato con soluciones como el cloro, yodoformo, fenol se demostró que el vaciado de modelos no se ve afectado de manera significativa en su estabilidad dimensional dado que se deja tiempo para que actúe la solución en la impresión más no en el yeso (Tan, 1993).

Existen diferentes maneras de lograr una desinfección del yeso una de ellas consiste en realizar la mezcla del yeso con agentes desinfectantes en pequeñas proporciones con lo cual se trata de evitar el máximo posible la modificación de las propiedades físicas del yeso, sin embargo en se encontró que mezclar con hipoclorito, va a reducir la resistencia a la compresión del yeso hasta en un 40 % por lo cual no es indicado utilizarlo, sin embargo una característica presente es que se alargan los tiempos de fraguado con todas las soluciones desinfectantes usadas,

tal es el caso de yodo povidona la cual eleva a más de una hora el fraguado del yeso (Ivanovski, 1995).

Después de que investigaciones mencionan que los desinfectantes pueden ayudar o disminuir la resistencia a la compresión de los yesos y que el material de impresión cuando es demasiado rígido puede influir en la fractura de los modelos de estudio se realizó un estudio en el cual midieron la resistencia a la fractura de yeso tipo IV y tipo V en modelos de estudio con preparaciones dentales, obteniendo como resultado que se debe de dejar el yeso fraguar y retirar del modelo hasta las 12 horas ya que si se realiza el retiro a la hora o antes de la hora como lo marca el tiempo de fraguado, no se alcanza su máxima fuerza y se tienden a romper o fracturar los modelos lo cual va imposibilitar realizar restauraciones con alto grado de fidelidad (Schwedhelm, 1997).

Dentro del protocolo de vaciado de un modelo se debe de encontrar la vibración para eliminar el aire que se pueda quedar atrapado dentro, existen momentos en los cuales se puede atrapar aire y esto va a depender de la velocidad de vibración y el tiempo que tarda el yeso en impregnar la impresión por eso se recomienda tener un control en la velocidad de como escurre el yeso desde la parte más alta de la impresión y hacia la base, haciendo pequeños movimientos para que se llene la impresión de una manera ideal es recomendable utilizar una vibración de baja frecuencia para el vaciado y posterior aumentar la frecuencia así se garantizara que el modelo no contenga espacios (Abdullah, 1999).

Con el fin de mejorar las propiedades físicas del yeso tipo IV, se desarrollaron tipos nuevos de yesos que contenían resina al comparar su desempeño en estudios estos arrojaron que no eran significativamente superiores al yeso tipo IV convencional por tanto se menciona que el yeso tipo IV sigue siendo el material de elección para el vaciado de modelos de trabajo (Duke, 2000).

Para ahorrar tiempo en el fraguado del yeso se han propuesto varios métodos uno de ellos es el uso de hornos de microondas los cuales actúan al aumentar la temperatura del yeso así reducir las horas necesarias para poder disponer del modelo de estudio, como resultado se obtuvo que aumenta su resistencia a la fuerza

flexión utilizar este método de secado en intervalos de 30, 50 y 120 minutos comparándolo con el fraguado convencional de aire y temperatura ambiente (Hersek, 2002).

Posteriormente se realizó un estudio comparativo en el cual modelos de yeso tipo IV fueron sumergidos en repetidas ocasiones en una solución de hipoclorito de sodio al 0.525 % con resultados poco favorables, ya que estos modelos al ser sumergidos perdían resistencia a la compresión significativa en comparación a los especímenes de control (Abdullah, 2006).

Por otra parte, en 2009 un estudio del Iraqui Journal of Earth Sciences obtuvo resultados en los cuales menciona que al modificar la relación de polvo/agua y el tamaño de partículas genera variaciones significativas la resistencia a la compresión del yeso (Zeki, 2009).

A su vez un artículo publicado en 2012 refiere que diferentes marcas de yeso tipo IV no presentan diferencias significativas en la resistencia a la compresión a las 24 horas cuando estos son secados con aire y cuando lo son con ayuda de horno de microondas (Vitti, 2012).

Un factor que puede influir en gran manera para la modificación de la resistencia a la compresión del yeso tipo IV es el almacenamiento por tiempos prolongados y la fecha de caducidad de mismo, durante el año de 2017 un estudio demostró que es posible utilizar un yeso posterior a 8 meses de su fecha de vencimiento siempre y cuando el producto se encuentre sellado al vacío en su empaque original, ya que conserva sus propiedades, una vez abierto este empaque como lo menciona la literatura no es posible garantizar que las propiedades sean las óptimas para poder trabajarlo, debido a la disminución de su resistencia a la compresión (Kusumastuti, 2017).

III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

Estudios han demostrado que la precisión de las prótesis depende de gran medida de la precisión del modelo de trabajo, el cual a su vez depende de las propiedades mecánicas inherentes del material del cual este hecho (Wankhade, 2017).

Como ya se mencionó, se ha comprobado que una mayor relación agua / polvo afecta de manera negativa la resistencia a la compresión del yeso debido a que el agua genera poros, así como manipular los modelos de trabajo en un tiempo menor de 12 a 24 horas disminuye sus propiedades mecánicas. (Schwedhelm, 1997; De Cesero, 2014)

A lo largo del tiempo se han incluido aditivos para el yeso con el fin de mejorar las propiedades de este, en 2017 se realizó un estudio en el cual compararon yesos con refuerzo de fibra de vidrio, resina y piedra pulverizada. El grupo control no presentaba ningún aditivo. Por tal motivo en la prueba de compresión los 3 grupos con aditivos mejoraron esta propiedad de manera significativa (Firas, 2017).

De manera paralela otras investigaciones han agregado óxido de aluminio a los yesos, ya que se ha demostrado que cumple como material de relleno reforzando las propiedades mecánicas de los materiales como el caso de las resinas compuestas; de esta manera se demostró que aumenta la resistencia a la compresión y dureza de superficie de los especímenes a los cuales se les agregó, generando diferencias significativas comparado a los grupos control (Hamdy, 2019)

Pregunta de investigación.

¿Cuál yeso tipo IV presenta mayor resistencia a la compresión: GC Fujirock EP-Premium, Zhermack Elite Rock, Kulzer Moldastone?

IV. HIPÓTESIS.

IV.1. Hipótesis de trabajo.

El yeso GC Fujirock EP- Premium presenta mayor resistencia a la compresión en comparación con los yesos Zhermack Elite Rock, Kulzer Moldastone.

IV.2. Hipótesis nula.

El yeso GC Fujirock EP- Premium presenta menor resistencia a la compresión en comparación con los yesos Zhermack Elite Rock, Kulzer Moldastone.

V. OBJETIVOS.

V.1. OBJETIVO GENERAL.

Determinar cuál yeso tipo IV presenta mayor resistencia a la compresión entre las marcas GC Fujirock EP-Premium, Zhermack Elite Rock, Kulzer Moldastone.

VI.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Medir la resistencia a la compresión del yeso GC Fujirock EP Premium.
- Medir la resistencia a la compresión del yeso Zhermack Elite rock.
- Medir la resistencia a la compresión del yeso trabajo Kulzer Moldastone.
- Comparar la resistencia a la compresión entre los yesos tipo IV GC Fujirock EP-Premium, Zhermack Elite Rock, Kulzer Moldastone.

MATERIAL Y MÉTODOS.

VI. MATERIAL Y MÉTODOS.

VI. 1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Experimental, *in vitro*.

VI. 2. UNIDAD DE ANÁLISIS.

Especímenes de yeso tipo IV de las marcas GC Fujirock EP- Premium, Zhermack Elite Rock, Kulzer Moldastone.

VI. 3. MUESTRA Y TIPO DE MUESTRA.

- 50 especímenes para la prueba de compresión divididos en 5 grupos y cada marca, constituida por 10 muestras.
- Las muestras cilíndricas con un tamaño de 40 mm de alto y 20 mm de diámetro.

- 10 de Fujirock EP- Premium (GC).
- 10 de Elite Rock (Zhermack).
- 10 de Moldastone (Kulzer).
- 10 de Nic Stone (MDC) (Grupo control).
- 10 de Moldarock Royal (Kulzer) (Grupo Control).

Se realizaron bajo especificación no. 25 de la ADA para productos derivados de yeso la cual menciona un total de 5 especímenes. En la investigación se realizaron el doble de muestras para tener un mayor rango de medición.

VI. 4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.

Fujirock EP- Premium (GC): Yeso sintético tipo IV para fabricación de modelos de estudio y troqueles de trabajo; compuesto de sulfato de calcio natural 90-100% según especificaciones del fabricante en la ficha de seguridad del producto.

Eliterock (Zhermack): Yeso extra duro tipo IV para fabricación de modelos de estudio y troqueles de trabajo; compuesto de sulfato de calcio en un porcentaje no especificado por el fabricante en la ficha de seguridad del producto.

Moldastone (kulzer): Yeso dental de alta resistencia tipo IV para la fabricación de modelos maestros en prótesis fija, removible y de implantes; compuesto de sulfato de calcio natural > 90% según especificaciones del fabricante en la ficha de seguridad del producto.

Nic Stone (MDC): Yeso piedra alfa tipo IV extra duro para la fabricación de modelos de estudio, troqueles de trabajo para prótesis fija y removible; compuesto de sulfato de calcio natural en un porcentaje no especificado por el fabricante en la ficha de seguridad del producto.

Moldarock Royal (Kulzer): Yeso extra duro de alta resistencia tipo IV para la fabricación de modelos maestros en prótesis fija, removible y de implantes; compuesto de sulfato de calcio natural > 90% según especificaciones del fabricante en la ficha de seguridad del producto.

VI.5. PROCEDIMIENTOS.

Los yesos que se utilizaron para realizar la experimentación fueron: Fujirock EP-Premium de la marca GC, Elite Rock de Zhermack, Moldastone de Kulzer y Nic Stone de MDC, así como Moldarock Royal de Kulzer estos dos últimos fungieron como grupos controles, todos estos siendo yesos tipo IV.

Primera fase: Moldes.

1. Se utilizaron moldes de silicón de la marca Odeme con sede en Brasil los cuales fueron realizados sobre pedido para esta investigación con las especificaciones de la norma 25 de la ADA para productos derivados de yeso. Figura 1.



Figura 1. Moldes de silicón.

2. Los moldes fabricados contaban cada uno con 3 espacios de forma cilíndrica para que fueran realizados los especímenes en la cantidad de muestras necesarias con una única mezcla de yeso de cada marca.
3. Las dimensiones de cada cilindro producido por estos moldes fueron de 40 mm de alto y 20 mm de diámetro. Figura 2.



Figura 2. Especímenes de yeso con especificación 25 de la ADA.

Segunda fase: Realización de los especímenes.

1. Para poder pesar la cantidad de yeso necesaria en proporción se utilizaron tazas de hule nuevas para cada uno de los yesos, de esta manera se elimina la existencia de contaminación de polvo entre ellas. Figura 3.



Figura 3. Tazas de yeso y espátula metálica.

2. El pesaje de cada uno de los yesos se realizó con una báscula granataria de la marca MEDI DATA, modelo LAB – 500 con una capacidad de 500 x 0.1g Figura 4.



Figura 4. Báscula granataria.

- De la misma manera para medir el volumen del agua bidestilada que se utilizó para realizar la mezcla del yeso. Se requirió de una probeta graduada de la marca Pyrex con una capacidad de 50 ml. Figura 5.



Figura 5. Probeta graduada.

- La mezcla del polvo de yeso con el agua bidestilada, se utilizó una taza de plástico la cual se acopla a una máquina de vacío para mezclar yeso de la marca Whip -Mix. Figura 6 y Figura 7.



Figura 6. Taza de vacío.



Figura 7. Máquina de vacío.

5. Finalmente, para el vaciado de la mezcla de yeso dentro de los moldes de manera adecuada sin generar burbujas se utilizó un vibrador de la marca Diem's. Figura 8.



Figura 8. Vibrador de yeso.

6. Se colocaron 100 gramos de yeso de la marca Nic Stone en una taza de hule para yeso nueva y limpia como se describió anteriormente para realizar los especímenes junto con 22 mililitros de agua bidestilada de la marca Ecopura en la probeta graduada como lo especifica el fabricante en proporción. Figura 9.



Figura 9. Yeso Nic Stone.

7. Se integraron los componentes en la taza de plástico rígido de la marca Whip -Mix, primero el agua bidestilada después se incorporó el polvo a la mezcla.
8. Con una espátula metálica con mango de madera específica para yesos y está encontrándose a temperatura ambiente, se realizaron movimientos circulares, restregando hasta las paredes de la taza a una velocidad aproximada de 2 vueltas por segundo durante 15 segundos se hizo la mezcla manual.
9. Una vez que se terminó la mezcla manual, se procedió a cerrar la tapa de la taza de plástico rígido, se colocó esta en posición en la máquina de vacío. Se conectó la manguera de succión en la tapa y se encendió la máquina.
10. Durante un tiempo de 30 segundos se mantuvo la actividad de la máquina a 72 kilopascal de presión mientras se mezclaba el yeso con el agua bidestilada, esto dio como resultado una mezcla homogénea y la incorporación total del polvo y líquido.
11. Una vez terminado este proceso se retiró la taza de su posición, se desconectó la manguera de succión, se abrió la taza y el yeso que permaneció remanente en las espas se devolvió al interior de la taza con la ayuda del vibrador que está presente en la máquina de vacío. Figura 10.



Figura 10. Vibrador de la máquina de vacío.

12.. Ya obtenida la mezcla, se procedió a vaciarla dentro de los moldes específicos ya descritos anteriormente, los cuales se colocaron arriba del vibrador con una oscilación baja para evitar generar burbujas de aire durante este proceso en los especímenes. Figura11.



Figura 11. Especímenes en moldes.

13. A los moldes ya llenos se les colocó una loseta de vidrio para que el espécimen de forma cilíndrica fuera regular en su extremo libre. Figura 12.
14. Los especímenes se dejaron fraguar 2 horas dentro del molde, para posteriormente ser recolectados y guardados en cajas de plástico donde permanecieron durante 46 horas extra. Esto con el fin de conseguir 48 horas desde su vaciado en los moldes y la hora en que presentan la mejor calidad en sus propiedades.
15. Para los especímenes de yeso Fujirock de la marca GC se colocaron 100 gramos de yeso en una taza de hule para yeso nueva y limpia junto con 20 mililitros de agua bidestilada de la marca Ecopura en la probeta graduada como lo especifica el fabricante en proporción. Figura 13.

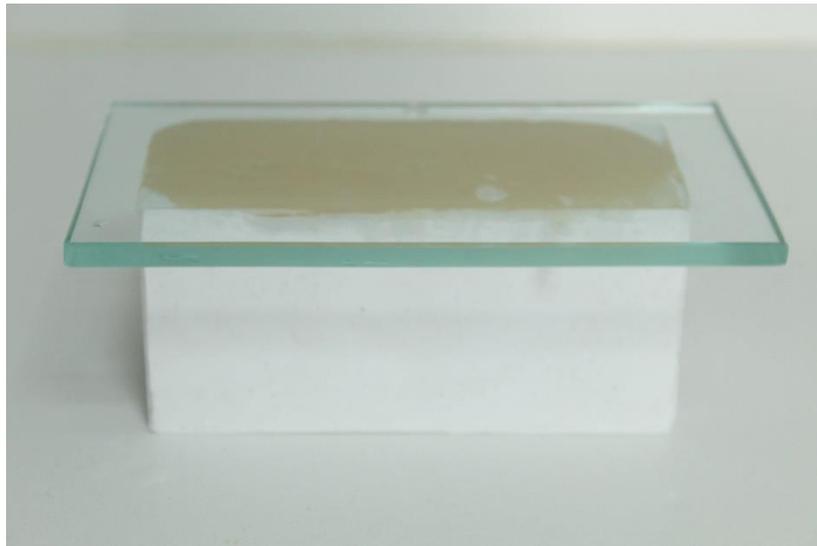


Figura 12. Espátula sobre molde para dejar lisos los especímenes.

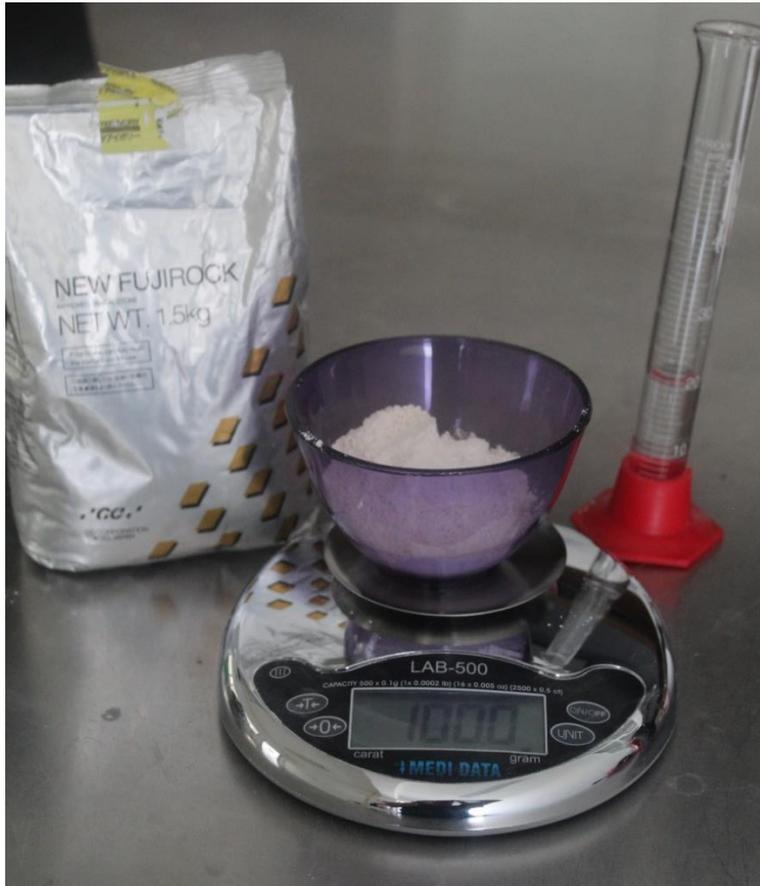


Figura 13. Yeso GC Fujirock.

16. Se integraron los componentes en la taza de plástico rígido, primero el agua bidestilada de esta manera se humedece la taza y después se incorporó el polvo a la mezcla.
17. Con una espátula metálica con mango de madera específica para yesos estando a temperatura ambiente, se realizaron movimientos circulares, restregando hasta las paredes de la taza a una velocidad aproximada de 2 vueltas por segundo durante 15 segundos se hizo la mezcla manual.
18. Una vez finalizada la mezcla manual, se continuó cerrando la tapa de la taza de plástico rígido, se colocó está en posición en la máquina de vacío. Se conecto la manguera de succión en la tapa y se encendió la máquina.

19. Durante un tiempo de 30 segundos se mantuvo la actividad de la maquina a 72 kilopascal de presión mientras se mezclaba el yeso con el agua bidestilada, esto dio como resultado una mezcla homogénea y la incorporación total del polvo y líquido. Figura 14.

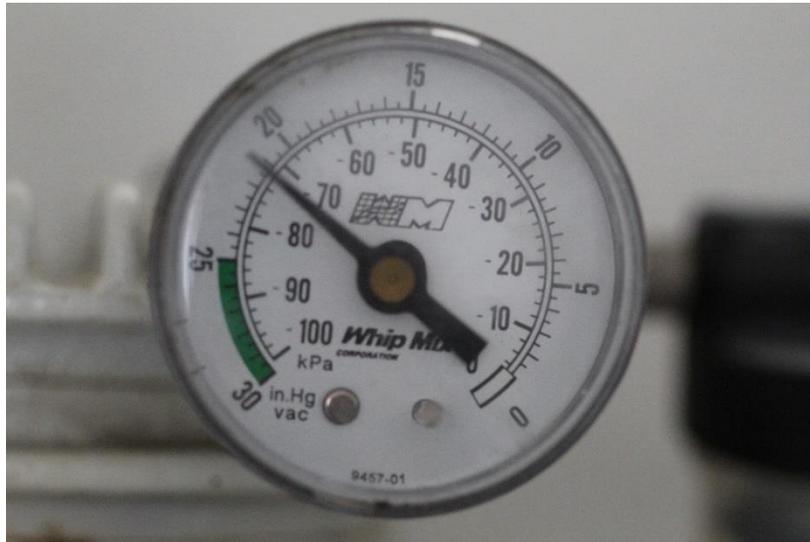


Figura 14. Manómetro de presión de máquina de vacío.

20. Una vez terminado este proceso se retiró la taza de su posición, se desconectó la manguera de succión, se abrió la taza y el yeso que permaneció remanente en las aspás se devolvió al interior de la taza con la ayuda del vibrador que está presente en la máquina de vacío.
21. Ya obtenida la mezcla, se procedió a vaciarla dentro de los moldes específicos ya descritos anteriormente, los cuales se colocaron arriba del vibrador con una oscilación baja para evitar burbujas de aire durante este proceso.
22. A los moldes ya llenos se les colocó una loseta de vidrio para que el espécimen de forma cilíndrica fuera regular en su extremo libre.

23. Los especímenes se dejaron fraguar 2 horas dentro del molde, para posteriormente ser recolectados y guardados en cajas de plástico donde permanecieron durante 46 horas extra. Esto con el fin de conseguir 48 horas desde su vaciado en los moldes y la hora en que presentan la mejor calidad en sus propiedades.

24. Los especímenes de yeso Moldastone de kulzer se realizaron colocando 100 gramos de yeso en una taza de hule para yeso nueva y limpia junto con 20 mililitros de agua bidestilada en la probeta de medición como lo especifica el mismo fabricante. Figura 15.



Figura 15. Yeso Moldastone.

25. Se integraron los componentes en la taza de plástico rígido, primero el agua bidestilada después se incorporó el polvo a la mezcla.

26. Con una espátula metálica con mango de madera específica para yesos y está encontrándose a temperatura ambiente, se realizaron movimientos circulares, restregando hasta las paredes de la taza a una velocidad aproximada de 2 vueltas por segundo durante 15 segundos se hizo la mezcla manual. Figura 16.



Figura 16. Espátula de yeso.

27. Una vez que se terminó la mezcla manual, se procedió a cerrar la tapa de la taza de plástico rígido, se colocó esta en posición en la máquina de vacío. Se conectó la manguera de succión en la tapa y se encendió la máquina.

28. Durante 30 segundos se mantuvo la actividad de la máquina a 72 kilopascal de presión mientras se mezclaba el yeso con el agua bidestilada, esto dio como resultado una mezcla homogénea y la incorporación total del polvo y líquido.

29. Una vez terminado este proceso se retiró la taza de su posición, se desconectó la manguera de succión, se abrió la taza y el yeso que permaneció en las espigas se devolvió al interior de la taza con la ayuda del vibrador de la máquina de vacío.

30. Se vació el contenido de la taza dentro de los moldes específicos ya descritos anteriormente, los cuales se colocaron arriba del vibrador con una oscilación baja para evitar generar burbujas de aire durante este proceso en los especímenes.

31. A los moldes ya llenos se les colocó una loseta de vidrio para que el espécimen de forma cilíndrica fuera regular en su extremo libre.
32. Los especímenes se dejaron fraguar 2 horas dentro del molde, para posteriormente ser recolectados y guardados en cajas de plástico donde permanecieron durante 46 horas extra. Esto con el fin de conseguir 48 horas desde su vaciado en los moldes y la hora en que presentan la mejor calidad en sus propiedades.
33. Para realizar los especímenes Eliterock de Zhermack en una taza de hule para yeso nueva se colocaron 100 gramos de yeso y 20 mililitros de agua bidestilada en la probeta graduada como lo especifica el fabricante. Figura 17.



Figura 17. Yeso Elite Rock.

34. Se integraron los componentes en la taza de plástico rígido, primero el agua bidestilada después se incorporó el polvo a la mezcla.
35. Con una espátula metálica con mango de madera para yesos y estando a temperatura ambiente, se realizaron movimientos circulares, restregando hasta las paredes de la taza a una velocidad aproximada de 2 vueltas por segundo durante 15 segundos se hizo la mezcla manual.
36. Una vez que se terminó la mezcla manual, se procedió a cerrar la tapa de la taza de plástico rígido, se colocó está en posición en la máquina de vacío. Se conecto la manguera de succión en la tapa y se encendió la máquina.
37. Durante 30 segundos se mantuvo la actividad de la maquina a 72 kilopascal de presión mientras se mezclaba el yeso con el agua bidestilada, esto dio como resultado una mezcla homogénea y la incorporación total del polvo y líquido.
38. Una vez terminado este proceso se retiró la taza de su posición, se desconectó la manguera de succión, se abrió la taza y el yeso que permaneció remanente en las aspás se devolvió al interior de la taza con la ayuda del vibrador que está presente en la máquina de vacío.
39. Ya obtenida la mezcla, se vació el contenido de la taza dentro de los moldes los cuales se colocaron sobre el vibrador con una oscilación baja para evitar generar burbujas de aire durante este proceso en los especímenes.
40. A los moldes ya llenos se les colocó una loseta de vidrio para que el espécimen de forma cilíndrica fuera regular en su extremo libre.

41. Los especímenes se dejaron fraguar 2 horas dentro del molde, para posteriormente ser recolectados y guardados en cajas de plástico donde permanecieron durante 46 horas extra. Esto con el fin de conseguir 48 horas desde su vaciado en los moldes y la hora en que presentan la mejor calidad en sus propiedades.
42. Para los especímenes de yeso Moldarock Royal de Kulzer se colocaron 100 gramos de polvo de yeso en una taza de hule nueva para yeso, así como 20 mililitros de agua bidestilada en la probeta graduada. Figura 18

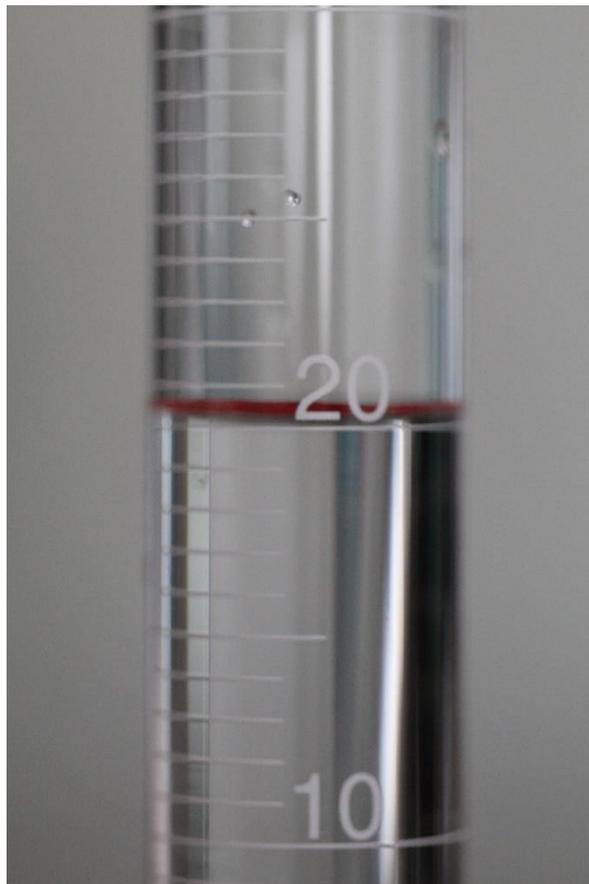


Figura 18. Medición de agua en probeta.

43. Se integraron los componentes en la taza de plástico rígido de la marca Whip -Mix, primero el agua bidestilada después se incorporó el polvo a la mezcla.

44. Con una espátula metálica con mango de madera específica para yesos y está encontrándose a temperatura ambiente, se realizaron movimientos circulares, restregando hasta las paredes de la taza a una velocidad aproximada de 2 vueltas por segundo durante 15 segundos se hizo la mezcla manual.
45. Una vez que se terminó la mezcla manual, se procedió a cerrar la tapa de la taza de plástico rígido, se colocó está en posición en la máquina de vacío. Se conecto la manguera de succión en la tapa y se encendió la máquina.
46. Durante un tiempo de 30 segundos se mantuvo la actividad de la maquina a 72 kilopascal de presión mientras se mezclaba el yeso con el agua bidestilada, esto dio como resultado una mezcla homogénea y la incorporación total del polvo y líquido.
47. Una vez terminado este proceso se retiró la taza de su posición, se desconectó la manguera de succión, se abrió la taza y el yeso que permaneció remanente en las aspas se devolvió al interior de la taza con la ayuda del vibrador que está presente en la máquina de vacío.
48. Ya obtenida la mezcla, se procedió a vaciarla dentro de los moldes específicos ya descritos anteriormente, los cuales se colocaron arriba del vibrador con una oscilación baja para evitar generar burbujas de aire durante este proceso en los especímenes.
49. A los moldes ya llenos se les colocó una loseta de vidrio para que el espécimen de forma cilíndrica fuera regular en su extremo libre.

50. Los especímenes se dejaron fraguar 2 horas dentro del molde, para posteriormente ser recolectados y guardados en cajas de plástico donde permanecieron durante 46 horas extra. Esto con el fin de conseguir 48 horas desde su vaciado en los moldes y la hora en que presentan la mejor calidad en sus propiedades. Figura 19



Figura 19. Especímenes de yeso Moldarock Royal.

Tercera fase: Realización de las pruebas y recolección de los datos.

1. De esta se obtuvieron 50 de ellos de los cuales correspondían a 10 de cada marca de yeso.
2. Para la prueba a la compresión se utilizó una maquina universal de pruebas de la marca MTS Insight Electromechanical – 100kN Standard Length MC-20 Propiedad de CIDESI. Figura 20.



Figura 20. Maquina universal de pruebas.

3. Se calibró la maquina universal previo a realizar las pruebas a la compresión, así como se estableció en ella una velocidad cruceta para la compresión de 1 mm por minuto programando la máquina que detuviera su marcha cuando se produjera la fractura del espécimen o alguna falla prematura.
4. Las condiciones ambientales que se tuvieron durante la prueba fueron de 20° C y Humedad relativa de 51% y se utilizaron platos de compresión como herramental para realizar la prueba. Figuras 21 – 28
5. La magnitud de fuerza aplicada en la prueba a la compresión se recopiló en Mpa (megapascales) como unidad de medición.



Figura 21. Prueba de compresión.



Figura 22. Especimen posterior a prueba.



Figura 23. Prueba de compresión.



Figura 24. Espécimen posterior a prueba.



Figura 25. Inicio de prueba.

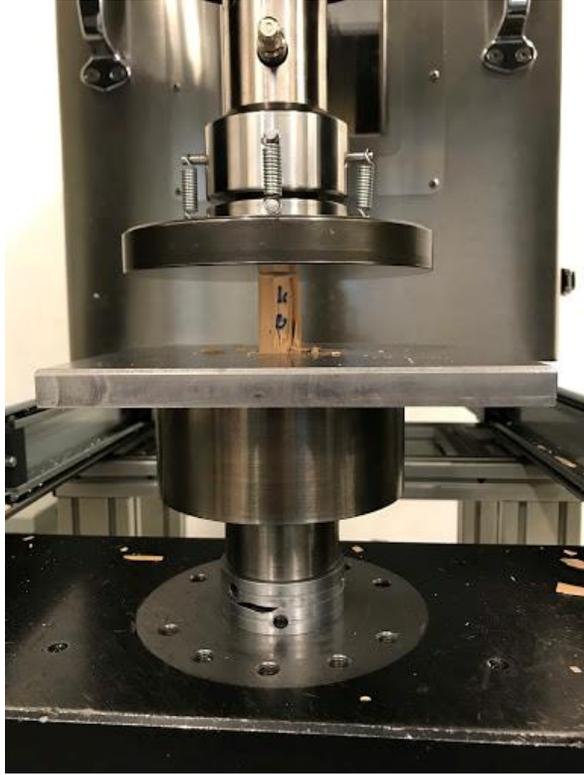


Figura 26. Espécimen alcanza punto P.



Figura 27. Fractura total por compresión.



Figura 28. Espécimen de yeso Royal.

6. A manera de complemento para esta investigación, se realizaron pruebas de microdureza de superficie, de esta manera se realizaron la misma cantidad de especímenes de los yesos tipo IV, divididos en los mismos grupos.

7. Teniendo esto, para la prueba de dureza de superficie se utilizó una maquina probadora de microdureza (durómetro) de la marca CMS Metrology propiedad de la Universidad Autónoma de Querétaro. Figura 29



Figura 29. Durómetro propiedad de la Universidad Autónoma de Querétaro.

8. Se utilizo el método de dureza de Vickers HV0.025 durante 5 segundos para determinar la dureza de superficie de los yesos. Figuras 30- 37

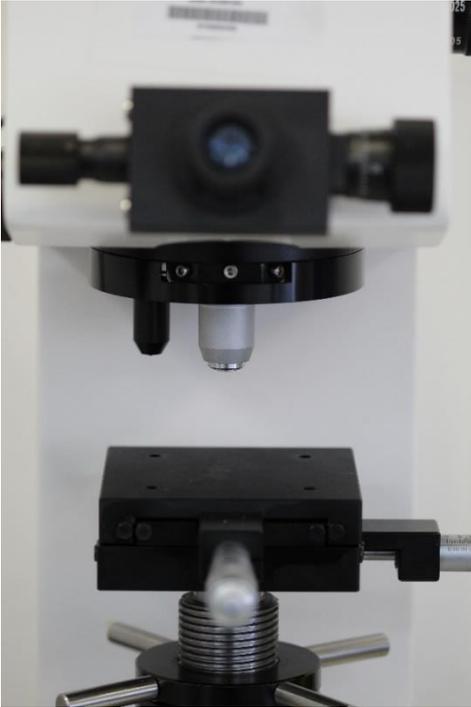


Figura 30 Vista frontal del durómetro.



Figura 31 Prueba dureza de superficie.

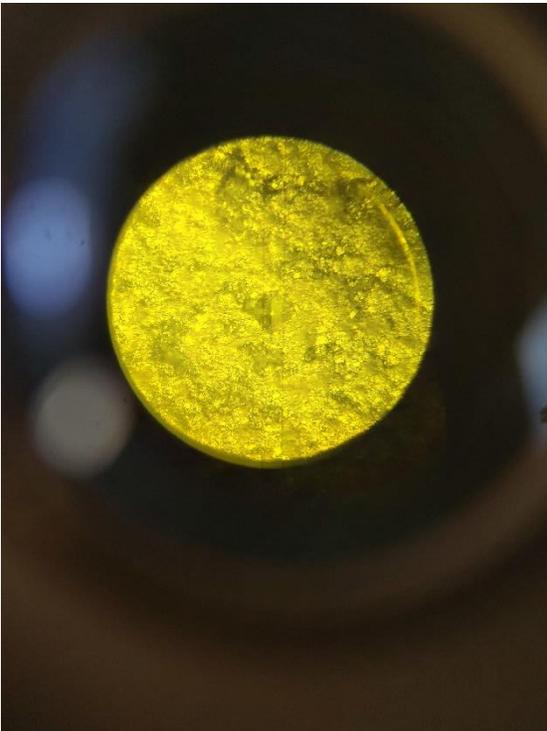


Figura 32 Vista a través del ocular.

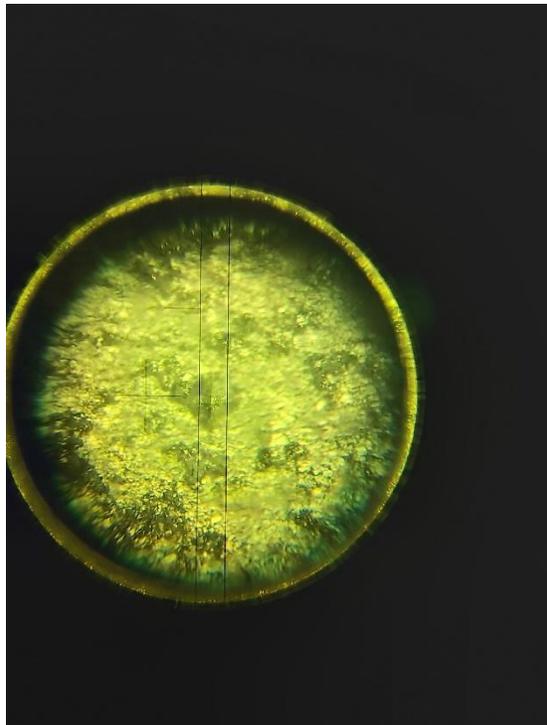


Figura 33 Medición de la prueba.

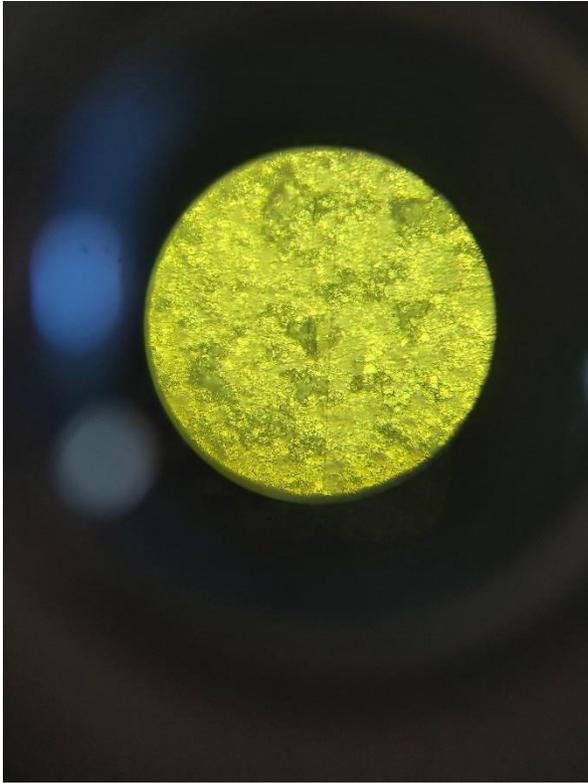


Figura 34. Posterior a indentación

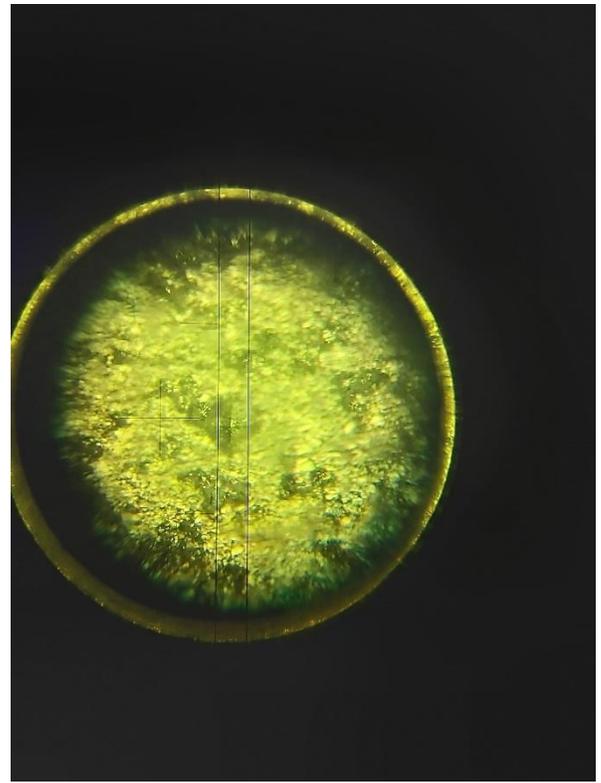


Figura 35. Medición

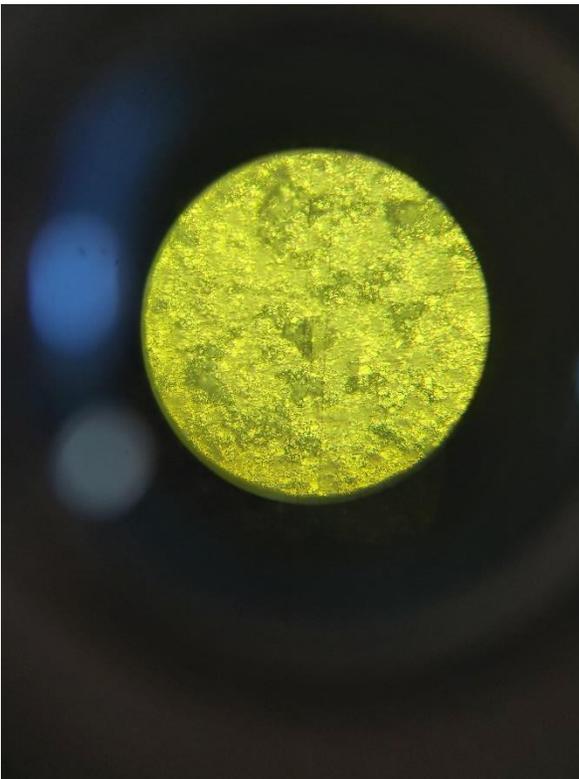


Figura 36. Vista de prueba.

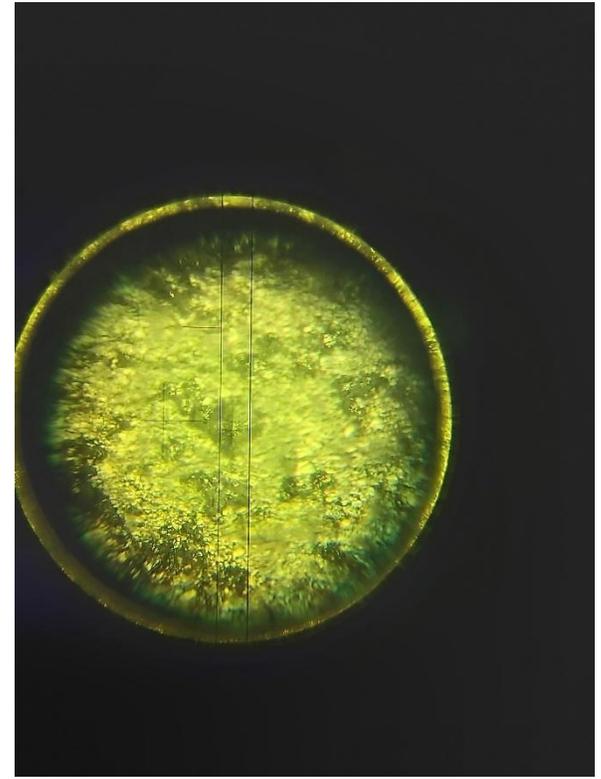


Figura 37. Medición.

9. La magnitud de fuerza aplicada en la prueba de dureza de superficie se expresa en Vickers (kg/mm^2) y de esta manera fue recopilada.
10. Se utilizó la prueba Kruskal - Wallis para determinar la existencia de variación significativa entre los valores obtenidos tanto de la prueba a la compresión como de la prueba de dureza de superficie.
11. Los datos obtenidos se recolectaron en el programa Excel para posterior realizar las tablas de resultados correspondientes a cada prueba.

VII. RESULTADOS.

La resistencia a la compresión expresada en Megapascales. El promedio, la desviación estándar y el valor de p se presentan en la tabla 1. Cabe señalar que debido a rupturas detectadas prematuramente durante la prueba en dos de los especímenes de Moldastone se redujo a 8, sin embargo esto no genera una diferencia en la muestra, ya que según la especificación 25 de la ADA para productos derivados de yeso, en un universo de 5 especímenes se deben de tener 3 de ellos con fallas para que sean desechados los resultados por tanto al tener en esta investigación un universo de 10 especímenes y 2 de ellos presentar fallas, no genera una diferencia en los valores obtenidos.

Tabla 1

Comparación de la resistencia a la compresión de los cinco yesos evaluados

	Control Nic Stone (n=10)	Fujirock EP- Premium (n=10)	Eliterock (n=10)	Moldastone (n=8)	Control Moldarock Royal (n=10)	Valor de p
	X±DE (Rango)					
Resistencia a la compresión	50.45 ± 8.85 (34.3 – 64.4)	47.7 ± 8.7 (37.1 – 62.2)	42.2 ± 12.8 (21.8 – 62.1)	61.6 ± 10.87 (41.7 – 70.7)	51.3 ± 13.8 (24.0 – 74.1)	0.0203

X: Promedio; DE Desviación Estándar. Prueba de Kruskal - Wallis

Tabla 1

La mayor resistencia a la compresión la presento el yeso Moldastone de Kulzer con un promedio de 61.6 ± 10.87 mientras que la resistencia a la compresión más baja la presento el yeso Eliterock de Zhermack con un promedio de 42.2 ± 12.8

Comparando todos los yesos entre ellos se muestra la comparación múltiple de Dunn en la tabla 2 observando que existe diferencia significativa entre los yesos Eliterock de Zhermack y Moldastone de Kulzer, mientras las demás comparaciones no presentan diferencias significativas.

Tabla 2.

Prueba de comparaciones múltiples de Dunn para resistencia a la compresión

Yesos	Diferencia significativa
Nic-Stone Vs Fujirock EP-Premium	No
Nic-Stone Vs Eliterock	No
Nic-Stone Vs Moldastone	No
Nic-Stone Vs Moldarock Royal	No
Fujirock EP-Premium Vs Eliterock	No
Fujirock EP-Premium Vs Moldastone	No
Fujirock EP-Premium Vs Moldarock Royal	No
Eliterock Vs Moldastone	Si *
Eliterock Vs Moldarock Royal	No
Moldastone Vs Moldarock Royal	No

Nic-Stone de MDC; Eliterock Zhermack; Fujirock EP -Premium de GC; Moldastone de Kulzer; Moldarock Royal de Kulzer. * P < 0.05

La dureza de superficie máxima y mínima en Vickers (kg/mm²) el promedio, la desviación estándar y el valor de p se presentan en la tabla 3. Donde la prueba de Kruskal – Wallis mostró una diferencia significativa de < 0.0001

Tabla 3

Comparación de la dureza de superficie de los cinco yesos evaluados

	Control Nic Stone (n=10)	Fujirock EP- Premium (n=10)	Eliterock (n=10)	Moldastone (n=10)	Control Moldarock Royal (n=10)	Valor de p
	X±DE (Rango)					
Dureza de superficie	71.27 ± 5.01 (59.9 – 76.3)	73.79 ± 5.43 (63.56 – 84.26)	87.95 ± 4.90 (80.33 – 95.6)	78.28± 5.218 (67.96 – 85.9)	117.44 ± 5.87 (110.43 – 128.03)	< 0.0001

X: Promedio; DE Desviación Estándar. Prueba de Kruskal - Wallis

La mayor dureza de superficie la presento el yeso Moldarock Royal de Kulzer con un promedio de 117.44 ± 5.87 HV mientras que la menor dureza de superficie su presentada el yeso Nic -Stone de MDC con un promedio de 71.27 ± 5.01 HV

En la tabla 4 se muestra la comparación múltiple de Dunn donde se observan las diferencias significativas que existen entre los yesos de las diferentes casas comerciales.

Tabla 4.

Prueba de comparaciones múltiples de Dunn para dureza de superficie

Yesos	Diferencia significativa
Nic-Stone Vs Fujirock EP-Premium	No
Nic-Stone Vs Eliterock	Si **
Nic-Stone Vs Moldastone	No
Nic-Stone Vs Moldarock Royal	Si ****
Fujirock EP-Premium Vs Eliterock	Si *
Fujirock EP-Premium Vs Moldastone	No
Fujirock EP-Premium Vs Moldarock Royal	Si ****
Eliterock Vs Moldastone	No
Eliterock Vs Moldarock Royal	No
Moldastone Vs Moldarock Royal	Si **

Nic-Stone de MDC; Eliterock Zhermack; Fujirock EP -Premium de GC; Moldastone de Kulzer; Moldarock Royal de Kulzer.

(*) P < 0.05, (**) P < 0.01, (***) < 0.001. (****) < 0.0001

VIII. DISCUSIÓN.

El presente estudio tuvo como finalidad comparar la resistencia a la compresión de los yesos dentales tipo IV. Fujirock EP-Premium de GC, Eliterock de Zhermack, Moldastone de Kulzer.

La resistencia a la compresión al ser una de las propiedades que más se pone a prueba de los yesos dentales ha sido objeto de estudio durante un largo periodo, ya que pequeñas variaciones en la manipulación, almacenamiento o en la composición del polvo produce resultados distintos.

Así como lo demuestra Kusumastuti (2017) donde se midió la resistencia a la compresión del yeso tipo IV de la marca GC Fujirock, se realizaron pruebas a 20 especímenes fabricados según la norma 25 de la ADA en una maquina universal de pruebas, teniendo como variable la fecha de caducidad, generando 2 grupos de 10 especímenes obteniendo como resultado una resistencia de 28.93 ± 2.43 MPa y 38.66 ± 3.2 MPa. El valor más bajo lo registro el yeso caducado, sin embargo el yeso que se encontraba en sus condiciones ideales apenas alcanzo los requerimientos mínimos de 35 MPa de resistencia a la compresión, este resultado probablemente tenga relación con su manipulación ya que no se utilizó ningún proceso de mezcla al vacío y solo se dejaron fraguar 45 minutos antes de su manipulación lo que comparado a los resultados de nuestra investigación que son de 47.7 ± 8.7 genera una diferencia de 9.04 MPa en el promedio.

En un estudio similar (Trujillo,2018). Investigaron las propiedades fisicoquímicas de los yesos obtuvieron que realizando pruebas a la compresión en especímenes de yeso Eliterock de Zhermack tienen una resistencia a la compresión de 19.99 MPa como valor promedio utilizando agua de grifo lo cual no es un rango aceptable según la norma 25 de la ADA por lo cual se deduce que el agua es un factor importante para tener valores aceptables. Ya que al compararlo con nuestros resultados existe una variación de consideración debido a que para el yeso de la marca Zhermack se obtuvo una resistencia a la compresión de 42.2 ± 12.8 MPa utilizando agua bidestilada.

Por otro lado, Khaza'l (2019) publicó una investigación donde se realizaron 5 especímenes de yeso Eliterock de Zhermack obtuvieron una resistencia a la compresión de 38.340 ± 2.125 MPa. Comparando este resultado con el de esta investigación no dista mucho ya que los valores son similares a los 42.2 ± 12.8 obtenidos y esto se debe a se siguió el mismo método de mezclado y almacenamiento con excepción de la presión de la máquina de vacío la cual en su investigación no fue utilizada, por lo cual se puede sospechar de burbujas dentro de sus especímenes.

Malaviya (2016) investigó la resistencia la compresión del yeso tipo IV después de utilizar diferentes métodos de desinfección como la inmersión en hipoclorito y sus resultados fueron de 38.24 MPa en promedio entre sus grupos lo que refleja que no es un factor que modifica su resistencia dentro de su investigación. Sin embargo, al comparar los resultados con los de esta investigación tenemos que existen ciertas discrepancias con el yeso Moldastone el cual fue el que tuvo un mejor desempeño ya que tiene este una media de 61.6 MPa no así con el de menor desempeño el yeso Eliterock de Zhermack. Esto probablemente se deba al presentar humedad los especímenes del artículo citado.

En una investigación publicada en el Journal of prosthetic dentistry (De Cesero, 2014) menciona que la resistencia a la compresión es proporcional al tiempo en que se realizó el vaciado del yeso y sus resultados van desde los 43.45 ± 4.44 MPa a la hora, de 61.66 ± 8.22 MPa a las 24 horas y de 65.14 ± 10.35 a los 7 días. Para el yeso Fujirock. Lo que da rangos similares a los resultados de esta investigación ya que se realizaron las pruebas a las 48 horas posteriores de hacer el vaciado

Ahora bien, en un artículo publicado por Bulletin of the National Research Centre (Hamdy,2020). Menciona que los yesos dentales reforzados muestran mayores valores en su resistencia a la compresión comparado con los yesos que no tienen ningún refuerzo como lo menciona en sus resultados donde los yesos reforzados alcanzaron una resistencia de 70 MPa. Lo que de la misma manera se asemeja a los resultados de los yesos de la marca Kulzer y esto se debe completamente a los elementos que agregan las marcas para mejorar las propiedades.

Hamdy (2020) indica que la dureza de superficie es directamente proporcional a los agentes que se le añaden al yeso tipo IV, ya que se realizaron 90 especímenes de 40 mm de diámetro y 10 mm de altura, fueron divididos en 3 grupos: 1 grupo control, 1 grupo al cual se le adicionó relleno de nanopartículas de óxido de aluminio y 1 grupo con yeso mejorado desde fabrica. Teniendo con mayor dureza de superficie al yeso que se le adicionó el óxido de aluminio con una media de 122 HV sobre los 115 HV del 3er grupo. Lo cual al relacionarlo con esta investigación se obtienen valores muy similares al yeso Moldarock Royal que presento una media de 117 ± 5.87 HV.

En un artículo publicado por Elías (2021) menciona de las propiedades físico-mecánicas del yeso tipo IV refiere; para la prueba de dureza de superficie, el yeso que se desempeñó mejor tuvo una resistencia de 103.0 HV comparado con los 59.4 HV de la muestra con la media más pequeña. Lo que representa una diferencia estadística significativa ya que el yeso que presenta la mayor dureza de superficie es un yeso mejorado. Por tanto se tiene la constante que los yesos que son mejorados en sus componentes presentan mayor dureza como el yeso Moldarock Royal que porque al compararlo directamente con el mejor desempeño de este articulo existe una diferencia de 14 HV.

Sin embargo, el estudio elaborado por Urapepon (2015) menciona que si los especímenes están contaminados con agua ya sea agua chirria o agua destilada la dureza de la superficie se verá afectada, ya que para este estudio utilizaron especímenes de 40 mm de alto por 20 mm de diámetro los cuales dejaron secar por 24 horas para después sumergirlos en diferentes líquidos encontrando que los ya mencionados, se reducen casi al 50% en promedio su dureza de superficie comparado con los grupos control: 9.99 HV, 8.79HV, 18.84HV respectivamente. Por tanto se tiene que sumergir el yeso resulta contraproducente a todo resultado ya que el valor más bajo lo presentó el yeso Nic Stone con 71.27 ± 5.01 HV

IX. CONCLUSIONES.

El yeso Moldastone de la marca Kulzer presenta mayor resistencia a la compresión en comparación a los yesos GC Fujirock EP- Premium y Zhermack Elite Rock.

X. PROPUESTAS.

Se propone que para estudios posteriores se evalúen un número mayor de propiedades físicas, químicas y mecánicas de los yesos, como es la expansión, porosidad, su composición, el tamaño de partículas promedio que presenten, así como investigar un mayor número de marcas comerciales para tener un panorama más amplio.

De la misma manera en futuras investigaciones se propone utilizar diferentes tipos de soluciones para la mezcla, realizar el mezclado con y sin máquina de vacío, tiempos de almacenamiento o adicionar sustancias para tratar de mejorar sus propiedades.

Revisar que los especímenes estén totalmente, lisos y nivelados de las superficies que tocan los platos de compresión de la maquina universal de pruebas para que no existan puntos prematuros de contacto con estos y generen discrepancias en los resultados.

XI. BIBLIOGRAFÍA.

- Abdullah, M. A. (1999). Effect of frequency and amplitude of vibration on void formation in dies poured from polyvinyl siloxane impressions. *The Journal of prosthetic dentistry*, 490-494.
- Abdullah, M. A. (2006). Surface detail, compressive strength, and dimensional accuracy of gypsum casts after repeated immersion in hypochlorite solution. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 462-468.
- Amna Adam I, M. (2015). Effect of contact time between alginate impression and type III dental stone on cast model properties. *Revista Sul-Brasileira de Odontología*.
- Anusavice, K. J. (2004). Phillips Cincia de los materiales dentales. En K. J. Anusavice, *Phillips Cincia de los Materiales Dentales* (págs. 255-281). Florida: ELSEVIER.
- Ávila J, A. G. (2013). Yesos odontológicos (gypso). *Revista de actualización clínica*, 1483-1487.
- Bruckl C. (1984). Influence of gauging water composition on dental stone expansion and setting time . *The journal of prosthetic dentistry*, 218-223.
- Combe. (1990). *Materiales dentales. 5ªEd.* Barcelona: Editorial Labor.
- Craig E, O. W. (1999). *Materiales dentales propiedades y manipulación. 6º Ed.* Madrid: Harcourt Brace .
- De Cesero, L. (2014). *The influence of postpouring time on the roughness, compressive strength, and diametric tensile strength of dental stone.* The journal of prosthetic denstistry, 1573-1577.
- Eames, W. (1981). The casting misfit: How to cope. *The journal of prosthetic dentistry*.
- Elias Queiroz, M. (2021). Evaluation of the physical-mechanical properties of type IV gypsum. *Journal of Health Sciences*, 7 -11.
- Firas Abd Kati, I. N. (2017). Effect of Adding some Additives and Drying Method on. *Tikrit Journal for Dental Sciences* , 25-32.
- Fukui, H. L. (1980). Effectiveness of hardening films on die stone. *The journal of prosthetic dentistry*, 57-64.

- Hamdy, T. (2019). Effect of aluminum oxide addition on compressive strength, microhardness and setting expansion of dental plaster. *International journal of advanced research*, 652-657.
- Hamdy, T. (2020). Reinforced dental plaster with low setting expansion and enhanced microhardness. *Bulletin of the national reserch centre*.
- Hatrick. (2012). *Materiales Dentales*. Mexico: Editorial El Manual Moderno.
- Hersek, N. (2002). Tensile strength of type IV dental stones dried in a microwave oven . *The journal of prosthetic dentistry*, 499-502.
- Hooft, V. (2013). *Introduction to dental materials 4 Ed*. Londres: Editorial Mosby.
- Ivanovski, S. (1995). Disinfection of dental stone casts: Antimicrobial effects and physical property alterations . *Dental materials*, 19-23.
- Khaza'l, A. S. (2019). Compressive strength of type IV dental stone with Ag nanoparticles. *Al-rafidain dent J*, 60-69.
- Kusumastuti, K. S. (2017). Effect of shelf life on compressive strength of type IV gypsum. *Journal of physics: conference series*.
- M, S. (1991). An evaluation of dental stones after repeated exposure to spray disinfectants. Part I: Abrasion and compressive strength . *the journal of prosthetic dentistry*, 713-718.
- Macci, R. L. (2013). *Materiales Dentales"* . Buenos Aires Argentina: Medica panamericana.
- Malaviya, N. (2016). Comparative evaluation of surface detail changes and compressive strength of gypsum cast and dies after immersion in hypochlorite solution and microwave irradiation- an invitro study. *International journal of contemporary medical research*, 1547-1551.
- N. Tuncer, H. B. (1993). Investigation on the compressive strength of several gypsum products dried by microwave oven with different programs. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 333-339.
- Nissan. (2006). Heat transfer of impression plasters to an implant-bone interface. *Implant Dentistry*, 83-88.
- Philip, D. (2000). Study of the physical properties of type IV gypsum, resin-containing, and epoxy die materials. *The journal of prosthetic dentistry*, 466-473.
- Schneider, R. L. (1984). Compressive strength and surface hardness of type IV die stone when mixed with water substitutes . *the journal of prosthetic dentistry*.
- Schwedhelm, E. R. (1997). Fracture strength of Type IV and Type V die stone as a function of time. *The journal of prosthetic dentistry*, 554-559.

- Shelb, E. (1987). Compatibility of type IV dental stones with polyvinyl siloxane impression materials. *The journal of prosthetic dentistry*, 19-22.
- Shelb, E. (1989). Compatibility of type IV dental stones with polyether impression materials . *The Journal of prosthetic dentistry*, 540-542.
- Smith BGN, W. P. (1996). *Utilización clínica de los materiales dentales. 2ª ed. Edición en castellano.* Barcelona : Masson.
- Sudhakar, S. (2015). Evaluation of the various drying methods on surface hardness of type IV dental dtone. *Journal of International Oral Health*, 103-106.
- Sykora O, S. E. (1997). Improved fit of maxillary complete dentures processed on high expansion stone casts. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 205-208.
- Tan, H.-K. H. (1993). Effects of disinfecting irreversible hydrocolloid impressions on the resultant gypsum casts: Part II—Dimensional changes. *The Journal of Prosthetic Dentistry*,532–537. *The journal of prosthetic dentistry*, 532–537.
- Toledano Pérez M, O. R. (2003). *Arte y ciencia de los materiales odontológicos.* . Madrid : Ediciones Avances Médico-Dentales S.L. .
- Trujillo, J. M. (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. *Universidad de san carlos de guatemala*, 1-74.
- Ukhanov Mikhai, R. A. (2009). Research of influence of the composition of the water to expand gypsum type IV. *ResearchGate*
- Ukhanov Mikhail, R. A. (2010). The materials used for the production of sectional dental cast models (literature review). *ResearchGate*
- Urapepon, S. (2015). Effect of die lubricants on the compressive strength and surface hardness of a die stone. *Mahidol Dental Journal*, 111-116.
- VITTI, B. d. (2012). Linear dimensional change, compressive strength and detail reproduction in type IV dental stone dried at room temperature and in a microwave oven. *J Appl Oral Sci.*, 588-593.
- Wahyuning AP, Z. H. (2008). Differentiation of physical and mechanical properties analysis of self made gypsum product with raw material from Tasikmalaya with standar ISO and factory made. *Padjadjaran Journal of Dentistry*, 143-48.
- Wankhade, S. V. (2017). A comparative evaluation of six commonly used types of die materials for the property of transverse strength at two time intervals: An in vitro study. *International Journal of Clinical Preventive Dentistry*, 39-46.
- Werner, s. (1977). Changes in physical properties of joined gypsum fragments. *The jorunal of prosthetic dentistry*, 50-56.

Williams, G. (1984). A "Coulter" particle size analysis of dental gypsum materials. *Journal of materials science letters*, 93-94.

Zeki A. Aljubouri, A. M.-R. (2009). Physical properties and compressive strength of the technical. *Iraqi Journal of Earth Sciences*, 49-58.

XII. ANEXOS.

XII. 1 Pruebas de compresión.

Yeso Nic stone							
Nombre	Ancho (mm)	Espesor	Carga máxima (kN)	Estrés máximo (Mpa)	Motivo de fin de prueba	Modulo (GPa)	
Prueba 1	317.800	1.00	14.600	45.9	Prueba detenida	4.204	
Prueba 2	315.100	1.00	13.757	43.7	Prueba detenida	6.099	
Prueba 3	314.800	1.00	13.206	42.0	Prueba detenida	2.534	
Prueba 4	313.900	1.00	18.195	58.0	Prueba detenida	6.861	
Prueba 5	317.300	1.00	18.049	56.9	Prueba detenida	5.096	
Prueba 6	316.000	1.00	16.647	52.7	Prueba detenida	6.709	
Prueba 7	314.500	1.00	17.076	54.3	Prueba detenida	7.159	
Prueba 8	316.000	1.00	16.647	52.7	Prueba detenida	6.709	
Prueba 9	310.200	1.00	10.652	34.3	Prueba detenida	4.535	
Prueba 10	311.800	1.00	19.953	64.0	Prueba detenida	6.901	
Media	314.740	1	15.878	50.45		5.680	
Derivación estándar	2.330	0	2.786	8.854		1.530	
Rango							

Yeso GC Fujirock EP - Premium							
Nombre	Ancho (mm)	Espesor	Carga máxima (kN)	Estrés máximo (Mpa)	Motivo de fin de prueba	Modulo (Gpa)	
Prueba 1	314.400	1.00	11.901	37.9	Prueba detenida	5.430	
Prueba 2	313.800	1.00	11.634	37.1	Prueba detenida	4.305	
Prueba 3	306.900	1.00	13.785	44.9	Prueba detenida	5.588	
Prueba 4	310.600	1.00	14.375	46.3	Prueba detenida	4.833	
Prueba 5	305.100	1.00	15.613	51.2	Ruptura detectada	5.696	
Prueba 6	315.400	1.00	12.015	38.1	Prueba detenida	6.203	
Prueba 7	311.400	1.00	16.644	53.4	Prueba detenida	4.089	
Prueba 8	313.400	1.00	19.484	62.2	Ruptura detectada	5.607	
Prueba 9	308.100	1.00	14.647	47.5	Prueba detenida	4.323	
Prueba 10	310.700	1.00	18.041	58.1	Prueba detenida	4.451	
Media	310.980	1	14.814	47.7		5.053	
Derivación estándar	3.415	0	2.665	8.7		0.738	
Rango							

Yeso Zhermack Eliterock							
Nombre	Ancho (mm)	Espesor	Carga máxima (kN)	Estrés máximo (Mpa)	Motivo de fin de prueba	Modulo (Gpa)	
Prueba 1	312.000	1.00	19.361	62.1	Ruptura detectada	4.847	
Prueba 2	313.500	1.00	11.238	35.8	Prueba detenida	4.350	
Prueba 3	314.100	1.00	10.937	34.8	Prueba detenida	3.360	
Prueba 4	309.000	1.00	12.37	40.0	Ruptura detectada	3.434	
Prueba 5	313.200	1.00	9.939	37.7	Prueba detenida	3.770	
Prueba 6	314.300	1.00	6.851	21.8	Ruptura detectada	3.476	
Prueba 7	313.200	1.00	12.413	39.6	Prueba detenida	4.157	
Prueba 8	310.600	1.00	13.145	42.3	Prueba detenida	5.477	
Prueba 9	309.000	1.00	18.678	60.4	Ruptura detectada	7.166	
Prueba 10	30.8.2	1.00	16.345	53.0	Prueba detenida	6.802	
Media	311.710	1.00	13.128	42.2		4.684	
Derivación estándar	2.319	0	3.93	12.8		1.387	
Rango							

Yeso Moldastone						
Nombre	Ancho (mm)	Espesor	Carga máxima (kN)	Estrés máximo (Mpa)	Motivo de fin de prueba	Modulo (Gpa)
Prueba 1	315.600	1.00	22.326	70.7	Límite detectado	10.030
Prueba 2	315.600	1.00	28.162	89.2	Ruptura detectada	9.864
Prueba 3	308.700	1.00	17.18	55.7	Prueba detenida	8.839
Prueba 4	309.000	1.00	24.281	78.6	Ruptura detectada	9.299
Prueba 5	311.300	1.00	12.981	41.7	Prueba detenida	6.273
Prueba 6	314.500	1.00	19.547	62.2	Prueba detenida	9.015
Prueba 7	311.800	1.00	29.939	96.0	Ruptura detectada	9.945
Prueba 8	308.300	1.00	17.697	57.4	Ruptura detectada	7.877
Prueba 9	308.800	1.00	19.845	64.3	Prueba detenida	5.547
Prueba 10	314.400	1.00	19.554	62.2	Ruptura detectada	6.725
Media	311.325	1	19.176	61.6		7.951
Derivación estándar	3.062	0	3.407	10.877		1.610
Rango						
muestra excluida						

Yeso Royal						
Nombre	Ancho (mm)	Espesor	Carga máxima (kN)	Estrés máximo (Mpa)	Motivo de fin de prueba	Modulo (Gpa)
Prueba 1	313.700	1.00	23.239	74.1	Ruptura detectada	7.053
Prueba 2	312.600	1.00	16.371	52.4	Prueba detenida	3.876
Prueba 3	305.000	1.00	16.715	54.8	Prueba detenida	6.531
Prueba 4	307.800	1.00	13.278	43.1	Prueba detenida	5.003
Prueba 5	311.700	1.00	12.563	40.3	Prueba detenida	2.746
Prueba 6	306.600	1.00	19.644	64.1	Ruptura detectada	6.8
Prueba 7	311.700	1.00	14.693	47.1	Prueba detenida	4.968
Prueba 8	313.200	1.00	7.509	24.0	Ruptura detectada	3.482
Prueba 9	309.900	1.00	16.97	54.8	Prueba detenida	5.159
Prueba 10	310.000	1.00	18.121	58.5	Prueba detenida	5.26
Media	310.220	1.00	15.91	51.3		5.088
Derivación estándar	2.932	0	4.278	13.8		1.432
Rango						

XII. 2 Pruebas de dureza de superficie.

Yeso Nic Stone				
Nombre	Prueba1	Prueba 2	Prueba 3	Resultado
Muestra 1	50.5	62.2	67	59.9
Muestra 2	77.2	72.4	72.4	74
Muestra 3	62.2	74.2	78.5	71.63
Muestra 4	69.7	68.6	69.7	69.33
Muestra 5	69.7	63.6	69.7	67.6
Muestra 6	78.5	74.2	74.2	75.63
Muestra 7	75.4	72.4	69.7	72.5
Muestra 8	78.5	66	64.6	69.7
Muestra 9	78.5	68.6	81.8	76.3
Muestra 10	72.4	81.8	74.2	76.13
Mean	-	-	-	71.272
Derivación estándar	-	-	-	5.011
Rango				

Yeso GC Fujirock EP - Premium				
Nombre	Prueba1	Prueba 2	Prueba 3	Resultado
Muestra 1	57.1	66	64.6	62.56
Muestra 2	95.8	78.5	78.5	84.26
Muestra 3	72.4	75.4	78.5	75.43
Muestra 4	84	71.3	71.3	75.53
Muestra 5	77.2	75.4	74.2	75.6
Muestra 6	69.7	80.5	68.6	72.93
Muestra 7	77.2	72.4	77.2	75.6
Muestra 8	69.7	66	75.4	70.36
Muestra 9	69.7	69.7	75.4	71.6
Muestra 10	78.5	72.4	71.3	74.06
Mean	-	-	-	73.793
Derivación estándar	-	-	-	5.43
Rango				

Yeso Zhermack Eliterock				
Nombre	Prueba1	Prueba 2	Prueba 3	Resultado
Muestra 1	78.5	84	78.5	80.33
Muestra 2	85.4	81.8	93.2	86.8
Muestra 3	93.2	85.4	95.8	91.46
Muestra 4	75.4	85.4	80.5	80.43
Muestra 5	85.4	84	91.6	87
Muestra 6	91.6	97.6	97.6	95.6
Muestra 7	100.3	84	91.6	91.96
Muestra 8	91.6	87.6	87.6	88.93
Muestra 9	97.6	87.6	87.6	90.93
Muestra 10	87.6	85.4	85.4	86.13
Mean	-	-	-	87.95
Derivación estándar	-	-	-	4.909
Rango				

Yeso Moldastone				
Nombre	Prueba1	Prueba 2	Prueba 3	Resultado
Muestra 1	72.4	81.8	77.2	77.13
Muestra 2	74.2	87.6	84	81.93
Muestra 3	81.8	74.2	81.8	79.26
Muestra 4	78.5	81.8	80.5	80.26
Muestra 5	67	81.8	77.2	80.26
Muestra 6	54	74.2	69.7	67.96
Muestra 7	69.7	72.4	72.4	71.5
Muestra 8	87.6	71.3	81.8	77.2
Muestra 9	84	93.2	57.9	85.9
Muestra 10	78.5	81.8	84	81.43
Mean	-	-	-	78.283
Derivación estándar	-	-	-	5.218
Rango				

Yeso Royal				
Nombre	Prueba1	Prueba 2	Prueba 3	Resultado
Muestra 1	131.2	118.3	121.9	123.8
Muestra 2	115.9	118.3	115.9	116.7
Muestra 3	110.3	115.9	124.5	116.9
Muestra 4	112.5	118.3	107.2	112.66
Muestra 5	110.3	115.9	112.5	112.9
Muestra 6	121.9	118.3	110.3	116.83
Muestra 7	118.3	124.5	128.4	123.73
Muestra 8	131.2	124.5	128.4	128.03
Muestra 9	115.9	105.1	110.3	110.43
Muestra 10	112.5	112.5	91.6	112.5
Mean	-	-	-	117.448
Derivación estándar	-	-	-	5.872
Rango				

XII. 3 Resultados en programa excel.

Autoguardado Resultados Compresion yesos Eduardo Jose Maria Carrillo Martinez

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda

Calibri 11 Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Análisis

G24

Tabla 1				
Yeso Nic stone (n=10)	Yeso GC Fujirock EP - Premium (n=10)	Yeso Zhermack Eliterock	Yeso Moldastone (n=8)	Yeso Royal (n=10)
45.90	37.90	62.10	70.70	74.10
43.70	37.10	35.80	55.70	52.40
42.00	44.90	34.80	78.60	54.80
58.00	46.30	40.00	41.70	43.10
56.90	51.20	37.70	62.20	40.30
52.70	38.10	21.80	57.40	64.10
54.30	53.40	39.60	64.60	47.10
52.70	62.20	42.30	62.20	24.00
34.30	47.50	60.40		54.80
64.00	58.10	53.00		58.50

Resultados Nic Stone GC Zhermack Kulzer Royal

Accesibilidad: es necesario investigar

Autoguardado Resultados Dureza superifice Eduardo Jose Maria Carrillo Martinez

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda

Calibri 11 Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Análisis

A1

Tabla 2				
Yeso Nic stone (n=10)	Yeso GC Fujirock EP - Premium (n=10)	Yeso Zhermack Eliterock (n=10)	Yeso Moldastone (n=10)	Yeso Royal (n=10)
59.9	62.56	80.33	77.13	123.8
74	84.26	86.8	81.93	116.7
71.63	75.43	91.46	79.26	116.9
69.33	75.53	80.43	80.26	112.66
67.6	75.6	87	80.26	112.9
75.63	72.93	95.6	67.96	116.83
72.5	75.6	91.96	71.5	123.73
69.7	70.36	88.93	77.2	128.03
76.3	71.6	90.93	85.9	110.43
76.13	74.06	86.13	81.43	112.5

Resultados GC Zhermack Kulzer Nicstone Royal

Accesibilidad: todo correcto