



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina

**“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA DE DOS MATERIALES
BIOACTIVOS A BASE DE SILICATO TRICÁLCICO.”**

Tesis

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

ESPECIALIDAD EN ODONTOPEDIATRIA

Presenta:

Dirigido por:

Querétaro, Qro. Abril 2023

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA DE DOS MATERIALES
BIOACTIVOS A BASE DE SILICATO TRICÁLCICO

2023



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales
de Información



Evaluación de la resistencia compresiva de dos
materiales bioactivos a base de silicato tricálcico.

por

Lilia Jiménez Garduño

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

Clave RI: MEESC-178448



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Medicina
Especialidad en Odontopediatria

“Evaluación de la resistencia compresiva de dos materiales bioactivos a base de silicato tricálcico.”

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la Especialidad en Odontopediatria

Presenta:

Dirigido por:

Centro Universitario,
Querétaro, Qro. Abril 2023
México

Resumen

Introducción: La caries es una de las enfermedades que más afecta a la población mundial, su progresión se da a través de distintas etapas, en las más avanzadas llega a afectar el complejo dentino pulpar. Uno de los tratamientos de elección cuando hay compromiso pulpar en dentición infantil, es la pulpotomía, procedimiento que consiste en la amputación de la pulpa cameral, conservando tejido pulpar radicular sano. El material de elección para realizar este procedimiento debe reunir ciertas características biológicas y físicas. En la actualidad, los materiales bioactivos a base de silicato tricálcico son la primera elección para realizarlo, es por ello que evaluamos la propiedad física de resistencia a la compresión de Theracal PT[®] y Neo MTA[®] para determinar si toleran la fuerza de mordida ejercida durante el acto masticatorio. **Objetivo:** Determinar cuál material a base de silicato tricálcico posee mayor resistencia a la compresión: TheraCal PT[®] ó Neo MTA[®]. **Material y métodos:** El diseño de este estudio es experimental *in vitro*, se evaluó la resistencia a la compresión en la máquina universal de pruebas, a una velocidad de desplazamiento fijo de 1.0mm/min, de 30 bloques cilíndricos (6 mm de diámetro por 4 mm de alto), divididos en 2 grupos (n=15) de TheraCal PT[®] y Neo MTA[®]. El análisis estadístico que se realizó fue t de Student. Este proyecto no contempló la utilización de sujetos humanos ni animales y fue realizado en materiales inertes de uso odontológico. **Resultados:** El material bioactivo a base de silicato tricálcico que presentó mayor resistencia a la compresión fue Theracal PT[®] con un promedio de 68.91 ± 2.31 Mpa y un rango de 65.26- 72.39 en comparación con el material Neo Mta[®] que presentó un promedio de 8.67 ± 0.64 Mpa y un rango de 7.63- 9.94, obteniendo resultados estadísticamente significativos ($p < 0.0001$). **Conclusiones:** Theracal PT[®] presentó valores más altos de resistencia a la compresión, lo que sugiere ser una opción ideal para pulpotomías, además de presentar mejor manipulación y tiempo de trabajo. **Palabras clave:** Theracal PT, Neo MTA, resistencia a la compresión.

Summary

Introduction: Caries is one of the diseases that most affect the world population; its progression occurs through different stages; in the most advanced, it affects the pulp-dentin complex. Pulpotomy is one of the treatments of choice for pulp compromise in children's dentition. This procedure involves amputating the chamber pulp and preserving healthy root pulp tissue. The material to carry out this procedure must meet specific biological and physical characteristics. At present, bioactive materials based on tricalcium silicate are the first choice to perform it, which is why we evaluated the physical property of resistance to compression of Theracal PT[®] and Neo MTA[®] to determine if they tolerate the bite force exerted during the masticatory act. **Objective:** Determine which tricalcium silicate-based material has the highest compressive strength: TheraCal PT[®] or Neo MTA[®]. **Material and methods:** The design of this study is experimental in vitro; the resistance to compression was evaluated in the universal testing machine, at a fixed displacement speed of 1.0mm/min, of 30 cylindrical blocks (6 mm in diameter per 4 mm high), divided into two groups (n=15) of TheraCal PT[®] and Neo MTA[®]. The statistical analysis that was performed was Student's t. This project did not contemplate using human or animal subjects and was carried out with inert materials for dental use. **Results:** The tricalcium silicate-based bioactive material that presented the highest compressive strength was Theracal PT[®] with an average of 68.91 ± 2.31 Mpa and a range of 65.26-72.39 compared to the Neo Mta[®] material that presented an average of 8.67 ± 0.64 Mpa and a range of 7.63- 9.94, obtaining statistically significant results ($p < 0.0001$). **Conclusions:** Theracal PT[®] presented higher compression resistance values, which suggests that it is an ideal option for pulpotomies and presents better handling and working time.

Keywords: Theracal PT, Neo MTA, compressive strength.

Dedicatorias

Para ti, . Por haber sido mi faro, puerto y ancla en este viaje.

Te amo.

Agradecimientos

A mis papás por todo el amor que me dieron en esta etapa, por creer siempre en mí, por ser motor y fuerza en mi vida.

Gracias a mis hermanos por ser mis compañeros y cómplices. A mis sobrinos por ser mi motivación y fuente de inspiración para ser mejor todos los días. Gracias familia por estar.

Agradezco a mi alma máter, la Universidad Autónoma de Querétaro por haberme abrigado en sus aulas durante toda mi formación académica, orgullosa de ser 100% UAQ.

Gracias a mis profesores por haber compartido con amor y sin egoísmo sus conocimientos, por motivarme y ser mi inspiración profesional. Por el apoyo y cariño que recibí a nivel personal. Los guardo en mi corazón.

Gracias al Dr. _____ por el apoyo y orientación recibida para lograr este proyecto, por todo el profesionalismo, ética y apoyo desde el primer al último día.

Gracias a mi directora de tesis, la Dra. _____ por el tiempo, cariño, paciencia y dedicación. Por haber compartido conmigo tantos momentos, por haber creído en mí todos estos años, sin duda un pilar muy importante en mi formación como especialista.

Gracias a mis compañeros de posgrado, fue un placer vivir esta aventura con ustedes. Gracias a _____, _____, _____ por haberse convertido en el mejor equipo y los mejores amigos.

Gracias al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico que me brindaron para poder realizar mis estudios.

Índice

Contenido	Página
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice	v
Índice de cuadros	vi
Abreviaturas y siglas	vii
I. Introducción	1
II. Antecedentes	2
III. Fundamentación teórica	3
III. Hipótesis o supuestos	10
IV. Objetivos	11
IV.1 General	11
IV.2 Específicos	11
V. Material y métodos	12
V.1 Tipo de investigación	12
V.2 Población o unidad de análisis	12
V.3 Muestra y tipo de muestra	12
V. Técnicas e instrumentos	15
V. Procedimientos	15
VI. Resultados	18
VII. Discusión	19
VIII. Conclusiones	21
IX. Propuestas	22
X. Bibliografía	23
XI. Anexos	28

Índice de cuadros

Cuadro		Página
VI.3.2	Variables estudiadas dependientes	13
VI.3.2	Variables estudiadas independientes	14
VII	Cuadro 1 comparación de la resistencia a la compresión de dos grupos de materiales a base de silicato tricálcico: Theracal [®] y NeoMta [®] .	18
XII.1	Hoja de recolección de datos	28

Abreviaturas y siglas

mm: milímetros

min: minutos

Mpa: Megapascales

N: Newtons

I. Introducción

La salud bucal es un componente fundamental del estado de salud general, la Organización Mundial de la Salud menciona la importancia del bienestar físico, psicológico y social en relación con el estado dental, considerando tejidos duros y blandos de la cavidad oral; llevando a cabo funciones vitales como la alimentación y fonación.

La caries es una enfermedad bucal que afecta en gran medida a la población, constituyendo un problema para la salud pública. La Organización Mundial de la Salud estima que 520 millones de niños sufren caries en la primera dentición.

La progresión de una lesión de caries atraviesa distintas etapas, iniciando como una desmineralización que se manifiesta clínicamente como mancha blanca, posteriormente en etapas más avanzadas se puede observar como una cavidad profunda con dentina expuesta, hasta llegar a la proximidad ó invasión del tejido pulpar.

Uno de los tratamientos de elección en caries avanzadas con compromiso pulpar es la pulpotomía, aunque la eficacia de este procedimiento es ampliamente aceptada, la superioridad de los materiales y técnicas sigue siendo discutible.

Es por ello que en los últimos años se han creado materiales específicos para este procedimiento, cumpliendo con características de compatibilidad biológica, un ejemplo son los materiales bioactivos a base de silicato tricálcico, como TheraCal PT® y NeoMTA™

Sin embargo, actualmente hay poca información comparativa respecto a las propiedades físicas de los materiales, consideración de suma importancia debido a que las propiedades mecánicas como la resistencia al desgaste, a la flexión y a la compresión pueden influir en la resistencia a la fractura y duración de una restauración definitiva, por lo que deben igualar o semejar en características mecánicas a los materiales de restauración definitiva.

II. Antecedentes

Alfaro et al. (2012) mencionan que la fuerza de mordida es un componente esencial de la función masticatoria e indicador de su estado funcional, definiéndolo como la fuerza máxima generada entre los dientes maxilares y mandibulares. Se incrementa según las necesidades masticatorias; observándose un incremento de la fuerza masticatoria desde la dentición temporal completa hasta la dentición mixta temprana. Los valores que se obtuvieron en este estudio fueron: Niños sanos con dentición temporal un valor de 186.20 N (18.99 Kgf) ; niños con dentición mixta y mordida cruzada un valor de 114 N (11.62 Kgf) y niños con dentición permanente y oclusión normal un valor de 425 N (43.35 Kgf). Conocer estos valores permitirá al clínico mejorar la elección de materiales de restauración, eligiendo aquellos que se asemejen a los valores de fuerza de mordida infantil.

La casa comercial Septodont ofrece al mercado Biodentine™, un material a base de silicato tricálcico que se oferta como sustituto de la dentina. Es por ello que Simancas et al. (2019) realizan un estudio de evaluación de resistencia a la compresión de este material, señalan que la mayor resistencia se debe a la utilización del polímero hidrosoluble, lo que permite reducir la relación de agua-cemento utilizada en su preparación. La resistencia a la compresión comprende un rango de hasta 100 MPa la primera hora luego de su aplicación y hasta 200 MPa 24 horas después de su aplicación, pudiendo continuar su mejoría hasta alcanzar 300 MPa posterior a un mes. Valores comparables a la resistencia a la compresión de la dentina natural, que es de 297 MPa.

Se han realizado estudios que evalúan propiedades físicas y mecánicas de algunos materiales bioactivos a base de silicatos tricálcicos, por ejemplo: Nielsen et al. (2016) evaluó la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad de Biodentine®, Theracal LC®, MTA® e Hidróxido de Calcio. Se evaluaron las muestras a los 15 minutos, 3 y 24 horas. En todos los periodos de tiempo, Theracal LC® presentó mayor capacidad de resistencia a la compresión y flexión. Biodentine® presentó aumento de resistencia a la compresión con el tiempo.

Tanomaru et al. (2012) evaluaron la resistencia a la compresión y el tiempo de fraguado de MTA® y cemento Portland, mezclado con óxido de bismuto, óxido de zirconio, tungstato de calcio y carbonato de estroncio. La prueba de resistencia a la compresión se llevó a cabo en la maquina universal de pruebas a una velocidad de 0.5 mm/min. La combinación de cemento Portland más óxido de bismuto fue la que presentó valores más bajos de resistencia, mientras que el valor más alto se presentó para cemento Portland y cemento Portland más óxido de zirconio.

Dawood et al. (2017) concluyen que la compresión y dureza de Biodentine® son más altas que las de otros materiales, atribuyéndolo a la baja relacion polvo-agua que presuntamente se debe a la presencia del polímero soluble en el agua, durante su estudio almacenaron las muestras en un ambiente acuoso a 37°C durante 28 días, al hacer el estudio comparativo con otros autores se encontraron con múltiples variaciones en los resultados y concluyen que puede deberse a los diferentes entornos de prueba y periodos de almacenamiento .

Gasperi et al. (2020) evaluaron la resistencia a la compresión de Theracal LC®, MTA® y Dycal® a las 24 horas y 30 días mediante 12 especímenes cilíndricos de cada material, de medidas 3.58 mm de alto por 3 mm de diámetro, se colocaron en la máquina universal de pruebas a una velocidad de 1 mm/min. Resultando Theracal LC® con valores más altos respecto a esta propiedad mecánica frente a los otros materiales.

Sanz et al. (2021) respalda el uso de Theracal PT® sobre su predecesor Theracal LC® como una posible alternativa a Biodentine® para el tratamiento de la pulpa vital debido a una mejor citocompatibilidad invitro, así como su potencial de mineralización en las células madre de la pulpa dental humana.

Siboni et al. (2017) evalúa las propiedades de fraguado y radiopacidad de los cementos NeoMTA Plus y MTA plus, donde NeoMTA Plus obtuvo un tiempo de fraguado prolongado de 315 minutos y radiopacidad satisfactoria.

III. Fundamentación teórica

III.1 Caries dental

Es una enfermedad dinámica, crónica de origen multifactorial, transmisible e irreversible que ocurre en la estructura dentaria (Núñez and García, 2010), en la que existe interacción de tres factores principales: el huésped, microflora y sustrato . Además de estos factores, deberá tenerse en cuenta uno más: el tiempo.

Para que se forme una caries es necesario que las condiciones de cada factor sean favorables (Estrada et al., 2006; Hidalgo et al., 2008). Como resultado de la interacción de estos factores se da una pérdida de mineral de la superficie dental, cuyo signo es la destrucción localizada de tejidos duros (Núñez and García, 2010).

Los principios fundamentales para la eliminación del tejido infectado son: preservación de los tejidos dentarios, mantenimiento de la salud pulpar, evitar la exposición pulpar y conseguir márgenes sanos para asegurar el sellado periférico de la restauración (Innes et al., 2016).

Las lesiones dentinarias profundas son un desafío: al detectar y remover el tejido infectado y a la hora de restaurar el remanente coronario, eligiendo biomateriales con el objetivo de devolver la morfología, función y estética, respetando la biología del complejo dentino pulpar (Garchitorena and Strehl, 2010).

III.2 Complejo dentino pulpar

Conformado por la dentina y la pulpa dental, ambos tejidos comparten una célula terminal altamente especializada: El odontoblasto. Ambas derivan del ectomesénquima que forma la papila del germen dentario (Hung, 1998).

Tiene un proceso fisiológico de formación continua, es llamado esclerosis dentinaria, que puede acelerarse por cualquier procedimiento que cause agresión

al complejo dentino pulpar, la utilización de hidróxido de calcio puede estimular éste mecanismo.

El tejido pulpar ocupa la parte interna del órgano dentario. Sus elementos estructurales son: células, fibras, sustancia fundamental, vasos y nervios. Todos están dispuestos en estratos desde la periferia al centro: zona odontoblástica, zona subodontoblástica rica en capilares y fibras nerviosas, zona rica en células y zona central (Cohen et al. 2008).

Los irritantes vitales del complejo dentino pulpar son las bacterias y los no vitales pueden ser físicos ó químicos (Barrancos et al., 2006).

Investigaciones recientes han permitido una mejor comprensión de los mecanismos celulares y moleculares que intervienen durante la reparación y regeneración del complejo dentino-pulpar (Tziafas, 2004).

III.2.1 Terapia pulpar

El principal objetivo de la terapia pulpar es preservar la integridad del diente y de los tejidos de soporte. La respuesta del diente ante una lesión como la caries dental o algún traumatismo, demuestra la interacción compleja entre las lesiones de defensa y los procesos regenerativos (Hiremath et al. 2012).

Se consideran tres tipos de tratamiento de terapia pulpar: Recubrimiento pulpar directo, recubrimiento pulpar indirecto y la pulpotomía (Dhar et al. 2017).

Recubrimiento pulpar indirecto: Se utiliza como tratamiento de lesiones de caries aguda y profunda, con sintomatología correspondiente a una pulpa con estado de lesión potencialmente reversible, sin exposición pulpar visible (Pereira et al., 2004).

Recubrimiento pulpar directo: Es el procedimiento en el cual la pulpa dental expuesta accidentalmente, es cubierta con un material protector que estimula la formación de una barrera o puente de dentina reparadora (Pereira et al., 2004).

El éxito ó fracaso de la terapia pulpar en cualquiera de los tres tipos, dependerá de un diagnóstico preciso al momento del tratamiento (Kathal et al. 2017).

III.2.2 Pulpotomía

Procedimiento de terapia pulpar efectivo y vital, generalmente utilizado en primera dentición. Se realiza cuando existe la presencia de caries extensas sin patología periapical.

Consiste en la eliminación de la infección bacteriana mediante la amputación de la pulpa cameral, conservando el tejido pulpar radicular siempre que no presente sintomatología como pudiera ser: hemorragia, supuración, necrosis, etc. Posteriormente se rellena con un material biocompatible (Smail- Faugeron et al. 2016).

Las cualidades ideales de cualquier material de pulpotomía deben ser: bactericidas, inocuos para la pulpa y las estructuras circundantes, promover la curación de la pulpa radicular remanente sin interferir con la reabsorción fisiológica de la raíz y no deben tener ninguna toxicidad (Taha et al. 2018).

Los materiales más utilizados para realizar este procedimiento son: MTA, Biodentine, Formocresol, Sulfato férrico e hidróxido de calcio. (Omar S, 2015).

III.3 Materiales bioactivos

Las ventajas de los materiales bioactivos han superado a las del hidróxido de calcio en el tratamiento de las pulpas vitales (Giani and Cedrés, 2017).

La bioactividad se puede definir como: "Materiales que provocan una respuesta biológica específica en la interfaz entre los tejidos y el material, lo que resulta en la formación de un enlace" (Watson et al., 2014). En otras palabras se refiere a la capacidad de formación de apatita (Gandolfi et al., 2011).

La "biomineralización" es la capacidad de anclarse a la dentina subyacente mediante la formación de un mineral rico, capa interfacial y una estructura tipo etiqueta que se extiende desde la capa interfacial hasta los túbulos dentinarios (Reyes et al., 2009).

III.3.1 Materiales bioactivos a base de silicato tricálcico

Son reconocidos por su biocompatibilidad y por ser inductores de tejidos mineralizados, sin embargo, sus propiedades mecánicas no son las ideales y en algunos casos, su manipulación es difícil (Cedillo et al., 2013).

Los cementos de silicato de calcio utilizados hasta ahora están basados en los materiales del cemento Portland (Camilleri, 2007). Tienen un perfil hidrofílico, capaz de establecerse en un ambiente húmedo, como la dentina, la cual está compuesta por casi 20% de agua (Koch et al., 2010).

Su composición principal es: 75% silicato tricálcico, 20% óxido de bismuto, 4.4 % sulfato de calcio dihidratado (Ford et al., 1995).

III.3.2 Neo MTA® Nu Smile

Desarrollado especialmente para odontología pediátrica, presenta muchas ventajas a diferencia de otros MTA presentes en el mercado. La presentación es un polvo compuesto por silicatos tricálcicos, óxido de bismuto, aluminato tricálcico y

yeso. El líquido está compuesto por un gel a base de agua con espesantes como polímeros solubles en agua. Este MTA no modifica el color del diente, tiene un tiempo de fraguado rápido. La presentación física es un frasco ergonómico que protege el material de la humedad y permite al profesional de la salud dispensar únicamente lo necesario.

La característica más sobresaliente de este producto es su fácil preparación y consistencia adecuada que permite llevar el material al diente de una manera sencilla, para prepararlo se debe mezclar en una loseta de vidrio y una espátula metálica. Lo que permite que sea muy valorado por el odontopediatra, donde los tiempos de trabajo son vitales para la cooperación del niño.

Las principales indicaciones de este material son: Apicogénesis, pulpotomía, recubrimiento pulpar directo, recubrimiento pulpar indirecto y como base ó liner. Es compatible con materiales de restauración como resinas, ionómeros y alcatres (Navarro et al. 2017).

III.3.3 Theracal PT[®]

Recientemente se introdujo en el mercado, este nuevo material biocompatible a base de silicato tricálcico es modificado con resina y de doble curado.

Según el fabricante, está indicado principalmente para pulpotomías y como recubrimiento pulpa directo e indirecto (Buzo et al. 2021).

Diseñado para tratar también la dentina expuesta, manteniendo la vitalidad del diente al actuar como barrera y protector del complejo dentino pulpar. Dentro de las principales ventajas que tiene son: se fotocura en 10 segundos permitiendo una restauración inmediata, facilidad de aplicación ya que su presentación es una

jeringa de auto-mezcla lo que permite ahorrar tiempo durante la consulta, es altamente radiopaco, liberación constante de calcio y tiene un pH alcalino. (Santaella et al. 2021).

III.4 Resistencia compresiva

Es la carga máxima a la que un material se fractura. Es evaluada mediante una maquina universal de pruebas que ejerce la fuerza compresiva en el especimen muestra, dicha fuerza es aplicada en Newtons (N); los valores obtenidos después de hacer la prueba se transforman en megapascales (Mpa) (Kenneth and Phillips, 2004).

Ésta propiedad es sumamente importante en los materiales dentales, debido a las fuerzas de masticación a las que son sometidos (Kayahan et al., 2013).

Se debe tener en cuenta esta propiedad mecánica, ya que durante el acto masticatorio o movimientos parafuncionales la mayoría de las fuerzas transmitidas en la región posterior de nuestra boca son particularmente compresivas. (Huayhua, 2013). Este tipo de fuerzas pueden ocasionar fracturas tanto en la restauración como en la pieza dentaria (Niicoluzzi et al. 2008).

IV. Hipótesis

IV.1 Hipótesis de trabajo

El material bioactivo a base de silicato tricálcico que posee mayor resistencia a la compresión es TheraCal PT[®] comparado con Neo MTA[®].

IV.2 Hipótesis nula

El material bioactivo a base de silicato tricálcico que posee mayor resistencia a la compresión es Neo MTA[®] comparado con TheraCal PT[®].

V. Objetivos

V.1 Objetivo general

Determinar cuál material a base de silicato tricálcico posee mayor resistencia a la compresión: TheraCal PT ® ó Neo MTA®.

V.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la resistencia a la compresión que posee TheraCal PT TM después de su fraguado.
2. Evaluar la resistencia a la compresión que posee Neo MTA® después de su fraguado.
3. Comparar los valores de resistencia a la compresión que poseen los dos materiales: Neo MTA® y TheraCal PT®.

VI. Material y métodos

VI.1 Tipo de investigación

Experimental *in vitro*.

VI.2 Población o unidad de análisis

Bloques cilíndricos de Theracal PT[®] de 6 mm de diametro por 4 mm de alto y bloques cilíndricos de Neo Mta[®] de 6 mm de diametro por 4 mm de alto.

VI.3 Muestra y tipo de muestra

30 bloques cilíndricos de 6mm de diámetro por 4 mm de alto, que a su vez se dividen en dos grupos de:

- 15 bloques cilíndricos de TheraCal PT[®] de 6mm de diámetro por 4mm de alto.
- 15 bloques cilíndricos de Neo Mta[®] de 6mm de diámetro por 4mm de alto.

El tamaño de la muestra se decidió después de realizar una búsqueda bibliográfica y observar de manera repetida que trabajos similares se realizaron con tamaño de muestra como el propuesto aquí, tal es el caso de Acurio et al. (2017) que lo realizó con 17 especímenes de cada material evaluado ó Botto (2013) que lo realizó en 15 especímenes de material.

VI.3.1 Criterios de selección

Bloques cilíndricos de TheraCal PT[®] y Neo MTA[®] con medidas de 6 mm de diámetro y 4 mm de alto.

Criterios de exclusión: Bloques cilíndricos de TheraCal PT[®] y Neo MTA[®] que presentaron burbujas ó fracturas durante su elaboración.

Criterios de eliminación: Bloques cilíndricos que sufran algún imprevisto durante el desarrollo de las pruebas que imposibilite evaluar las variables de interés.

VI.3.2 Variables estudiadas

Variables dependientes					
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
Resistencia a la compresión que posee Neo MT®	Es la carga máxima a la que la muestra del material Neo MT® se fractura.	Muestra de Neo MT® es sometida a ensayo en una maquina universal de pruebas.	Cuantitativa	Continua	Megapascales Mpa
Resistencia a la compresión que posee TheraCal PT®	Es la carga máxima a la que la muestra del material TheraCal PT® se fractura.	Muestra de TheraCal PT® es sometida a ensayo en una maquina universal de pruebas.	Cuantitativa	Continua	Megapascales Mpa

Variables independientes

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
Neo MT®	<p>Polvo a base de silicato tricálcico.</p> <p>Solución gel a base de agua y polímeros.</p>	<p>Se mezcla de acuerdo a las indicaciones del fabricante, se coloca en la matriz de silicón con medidas de 6 x 4 mm.</p>	Cualitativa	Nominal	-----
TheraCal PT®	<p>Silicato de calcio modificado con resina, de curado dual.</p>	<p>Se deposita con las puntas mezcladoras en la matriz de silicón con medidas de 6 x 4 mm, una vez adaptado, fotopolimerizar durante 10 segundos.</p>	Cualitativa	Nominal	-----

VI.4 Técnicas e instrumentos

Los valores obtenidos de la resistencia a la compresión de los bloques de Theracal PT[®] y Neo MTA[®] a través del software de la maquina universal de pruebas se recolectaron en una base de datos de Excel, a partir de la cual se realizaron los análisis pertinentes.

VI.5 Procedimientos

El plan de procesamiento constó de 3 fases:

- Fase 1: Fabricación de los especímenes.
- Fase 2: Prueba de la resistencia a la compresión en la máquina universal de pruebas.
- Fase 3: Recolección de datos.

VI.5.1 Fase 1: Fabricación de los especímenes

1. Se elaboraron cilindros de acero inoxidable de 6mm de diámetro y 4 mm de alto (NOM 9917/2013), en un molde se colocó silicona de duplicado Elite Double ya que tiene una fluidez alta y constante durante todo el tiempo de trabajo, lo cual proporcionó un resultado homogéneo y libre de burbujas. Se colocaron en este molde los cilindros de acero inoxidable, resultando así la matriz que se utilizó para la fabricación de las muestras.
2. Para los especímenes de Theracal PT[®] se colocó la punta de automezclado en la jeringa y se procedió a depositar el material de manera homogénea en el molde de silicona.

3. Una vez colocado el material, se procedió a fotopolimerizar con la lámpara de fotocurado Elipar™ LED de la compañía 3M con una intensidad de 1200 mW/cm² durante 10 segundos.
4. Se retiraron las muestras de Theracal PT® del molde de silicona.
5. Para los especímenes de Neo MTA® se colocó el material en una loseta de vidrio en relación polvo- líquido 1:1.
6. Se mezcló el material siguiendo las indicaciones del fabricante.
7. Una vez realizada la mezcla se depositó el material en el molde de silicona y se empacó.
8. Una vez fraguado, se retiraron del molde de silicona las muestras de Neo MTA®.
9. Ya confeccionados los 30 bloques cilíndricos, se procedió a retirar excesos e irregularidades con discos Sof-Lex™ (3M ESPE, USA) utilizando una pieza de mano de baja velocidad.
10. Se verificó el tamaño de todos los especímenes con un vernier digital.
11. Se almacenaron a temperatura ambiente en moldes de polipropileno, etiquetados con número de muestra y nombre del material.

VI.5.2 Fase 2: Prueba de la resistencia a la compresión en la máquina universal de pruebas.

1. Se posicionaron los bloques cilíndricos de manera vertical en la base de la máquina universal de pruebas CMS metrology 21559044- STC - 500 kg.

2. Se aplicó una fuerza constante de 100 KN a una velocidad de desplazamiento fijo de 1.0 mm/min sobre la muestra hasta el punto de fractura.
3. El resultado del software de la máquina de la prueba de compresión se registró en MPa con su respectivo número de espécimen.

VI.5.3 Fase 3: Recolección de datos

Se realizó una base de datos en el programa Excel, registrando los datos obtenidos por grupo y número de espécimen, para su posterior estudio estadístico.

VI.5.3 Análisis estadístico

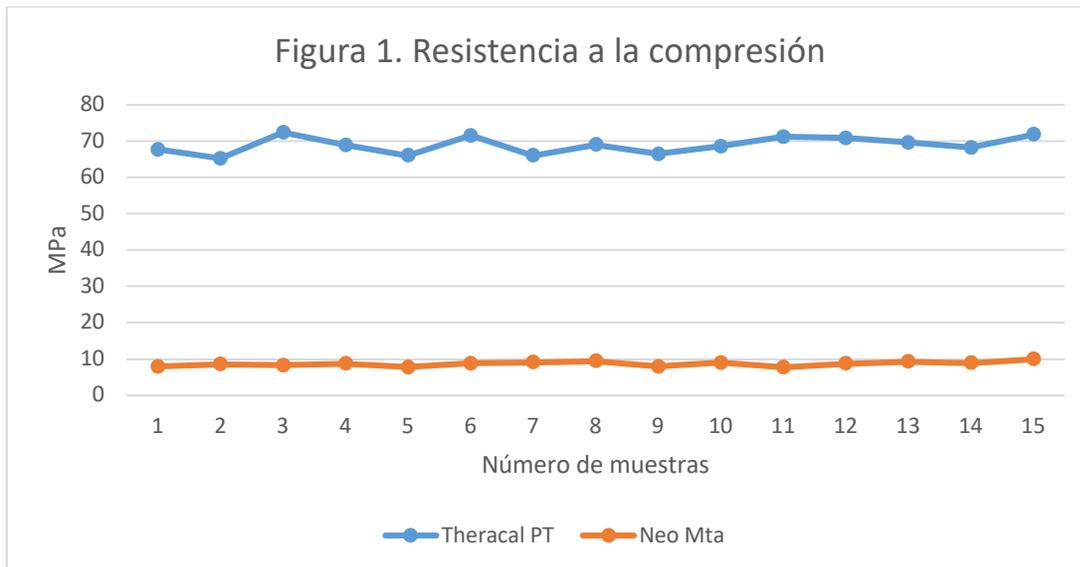
Para comparar la resistencia a la compresión de los dos materiales bioactivos a base de silicato tricálcico Theracal PT[®] y Neo Mta[®], se efectuaron las pruebas estadísticas a través del cálculo de promedios y desviación estándar de la variable estudiada. Se realizó la prueba t de Student ya que se obtuvo una distribución normal de los resultados.

VI.5.4 Consideraciones éticas

Este proyecto es de tipo experimental in vitro y no contempló la utilización de sujetos humanos ni animales y fue realizado en materiales inertes de uso odontológico.

VII. Resultados

En la figura 1 se observa la resistencia a la compresión que presentaron los dos grupos de materiales a base de silicato tricálcico: Theracal PT® y NeoMta®.



En cuadro 1 se presentan los resultados de la comparación de resistencia a la compresión de dos grupos de materiales a base de silicato tricálcico: Theracal PT® y NeoMta®.

Cuadro 1. Comparación de resistencia a la compresión de dos grupos de materiales a base de silicato tricálcico: Theracal PT® y Neo MTA®.

	Theracal PT® (n=15)	Neo MTA® (n=15)	Valor de p
	X ± DE (Rango)		
Resistencia a la compresión (MPa)	68.91 ± 2.31 (65.26 – 72.39)	8.67 ± 0.64 (7.63 – 9.94)	<0.0001

MPa: Megapascuales; n: Número de muestras; X: Promedio; DE: Desviación estándar.
t de Student.

El material bioactivo a base de silicato tricálcico que presentó mayor resistencia a la compresión fue Theracal PT® con un promedio de 68.91 ± 2.31 Mpa y un rango

de 65.26- 72.39 en comparación con el material Neo Mta[®] que presentó un promedio de 8.67 ± 0.64 Mpa y un rango de 7.63- 9.94, obteniendo resultados estadísticamente significativos ($p < 0.0001$).

VIII. Discusión

Esta evaluación experimental *in vitro* acepta la hipótesis de trabajo que fue planteada, ya que confirma con una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.0001$) que Theracal PT[®] muestra mayor resistencia a la compresión que Neo MTA[®].

Esta diferencia puede deberse a que Theracal PT[®] es un silicato tricálcico modificado con resina, así como lo sugiere Gasperi et al. (2020) cuando evaluó diversas propiedades físicas de Theracal LC[®], MTA[®] y Dycal[®], resultando Theracal LC[®] superior respecto a los otros dos materiales en la propiedad física de resistencia a la compresión, sugiriendo que puede estar relacionado a su naturaleza resinosa, ya que comprenden una matriz orgánica de monómeros y rellenos inorgánicos.

La línea Theracal[®], posee una matriz orgánica común entre los materiales a base de resina (Bis-GMA), sumado a la matriz inorgánica que contiene diferentes tamaños de partículas de zirconio, silicio, aluminio, estroncio, etc. Esta microestructura compleja es la responsable de proporcionar mayor resistencia compresiva en comparación con silicatos de calcio convencionales, como los que se evaluaron en dicho estudio.

Molina et al. (2021) evalúa la resistencia a la compresión que tiene Biodentine[®] realizando mezclado manual y mecánico, dicho material es considerado y ofertado como el “sustituto de la dentina” por la casa comercial Septodont, considerado por muchos como la élite de los cementos a base de silicato tricálcico por las propiedades mecánicas y biológicas que presenta. Dicha casa comercial menciona que Biodentine[®] es capaz de soportar hasta 100 Mpa en la prueba de resistencia a la compresión durante la primer hora de su aplicación, sin embargo en el estudio de

Molina, realizado en el año 2021, la media de la resistencia a la compresión que presenta Biodentine® en una mezcla manual fue de 52.6 MPa, mientras que para la mezcla mecánica fue de 65.7 Mpa.

La comparación de estos valores arrojados en el estudio de Molina et al. (2021) con los resultados de nuestra investigación, nos sugiere que Theracal PT® presenta resistencia a la compresión similar a uno de los mejores y más estudiados materiales utilizados para tratamientos pulpares.

Sin embargo, partiendo de esta información, podemos considerar que a diferencia de Gasperi et. al (2020), no hay una diferencia significativa que se atribuya entre la naturaleza resinosa de Theracal PT® y Biodentine® ya que ambos presentan valores similares en la prueba de resistencia a la compresión. Por lo que podríamos considerar el nuevo Theracal PT® como una alternativa ante la demanda de materiales para procedimientos pulpares, asemejando una de las propiedades físicas más aplaudidas por los expertos, como lo es la resistencia a la compresión de Biodentine® .

Shirley et al. (2022) habla de los cementos a base de silicato tricálcico como factor clave en el éxito de los tratamientos pulpares. Mencionan que los cementos a base de silicato tricálcico más recientes como Theracal LC ® y Biodentine® presentan mayores ventajas que los cementos a base de MTA. Algunas de estas ventajas son: Menor costo del material, reducción del tiempo de fraguado, además de no generar cambios de color en el diente y mostrar un excelente rendimiento terapéutico.

Durante el desarrollo de esta investigación, Theracal PT® presentó mejor manipulación al contar con puntas dispensadoras, lo que facilitó la elaboración de las muestras, reducción del tiempo de fraguado debido a que es un material de fotocurado dual y mejor rendimiento frente a Neo MTA®, debido a la diferencia de costo monetario del producto.

Neo MTA® presentó una manipulación más compleja debido a la consistencia que presenta, además de que su manipulación es a través de las espátulas, lo que en

ocasiones nos podría llevar a un mayor desperdicio de material llevándolo a la práctica clínica.

IX. Conclusiones

El presente estudio *in vitro* mostró que el material bioactivo a base de silicato tricálcico Theracal PT® de la casa comercial Bisco, presentó los valores de resistencia a la compresión más altos, por encima de Neo MTA® de la casa comercial NuSmile, considerándose una gran opción de elección para realizar pulpotomías.

Sin embargo, ambos materiales cumplen con los requerimientos mínimos necesarios para soportar la fuerza de mordida de la dentición infantil, pero es importante considerar que los materiales de núcleo más resistente, toleran mejor otras condiciones, como son la deformación, la fractura, además de que la distribución de tensión se realiza de manera más equitativa, lo que brinda a nuestro tratamiento clínico mayor estabilidad y un pronóstico más favorable.

Es importante considerar otras características durante la elección de los materiales en la práctica odontológica como son: tiempo de trabajo, manipulación y rendimiento. Características en las cuales, durante la presente investigación, Theracal PT® se mostró superior.

X. Propuestas

Se propone seguir realizando estudios donde se evalúen otras características físicas de los materiales bioactivos a base de silicato tricálcico como son: Adhesión, flexión, tensión, etc.

También se propone evaluar mayor diversidad de materiales bioactivos a base de silicato tricálcico que puedan ser utilizados para pulpotomias y compararlos entre sí.

De igual forma, se propone evaluar en distintos tiempos posterior a su fraguado para observar si hay cambios en las propiedades físicas y de ser posible grupos experimentales que sean conformados por dientes infantiles para acercarnos más al comportamiento que tendrían dichos materiales en la cavidad oral.

XI. Bibliografía

- Alfaro Moctezuma Patricia, Ángeles Medina Fernando, Osorno Escareño Ma. Del Carmen. 2012. “Fuerza de Mordida: Su importancia en la masticación, su medición y sus condicionantes clínicos. Parte I.” *Revista ADM* 69 (3): 108–13.
- Barrancos Mooney, Julio, Patricio J Barrancos, and Pablo Agustín Varas. 2006. “Operatoria Dental: Integración Clínica.” *Médica Panamericana*.
- Buzo, P., Manríquez, J., González, B., Prieto, M., Gutierrez, I., & Palacios, F. 2021. “Comparación del uso del formocresol vs Biodentine/MTA en pulpotomía; Revisión Sistemática.” *RODYB: Revista de operatoria dental y biomateriales*. 10(2), 15-20.
- Camilleri, J. 2007. “Hydration Mechanisms of Mineral Trioxide Aggregate.” *International Endodontic Journal* 40 (6): 462–70.
- Cedillo J., R. Espinosa, R. Curiel, A. Huerta. 2013. “Nuevo Sustituto Bioactivo de La Dentina; Silicato Tricálcico Purificado.” *RODYB: Revista de operatoria dental y biomateriales*. 2 (2): 1–12.
- Cohen, Stephen, and Kenneth M Hargreaves. 2008. “Vías de La Pulpa. 9ª.” *Edición. Editorial Elsevier Mosby. Madrid*, 1392–96.
- Dawood, Alaa E., Peter Parashos, Rebecca H.K. Wong, Eric C. Reynolds, and David J. Manton. 2017. “Calcium Silicate-Based Cements: Composition, Properties, and Clinical Applications.” *Journal of Investigative and Clinical Dentistry* 8 (2): 1–15
- Dhar, V., Marghalani, AA, Crystal, YO, Kumar, A., Ritwik, P., Tulunoglu, O. y Graham, L. (2017). “Uso de terapias pulpares vitales en dientes primarios con lesiones de caries profundas.” *Odontología pediátrica* , 39 (5), 146E-159E.
- Duque de Estrada Riverón, Johany, José Alberto Pérez Quiñonez, and Iliana Hidalgo-Gato Fuentes. 2006. “Caries Dental y Ecología Bucal, Aspectos Importantes a Considerar.” *Revista Cubana de Estomatología* 43 (1): 0.
- Ford, Thomas R Pitt, Mahmoud Torabinejad, Douglas J McKendry, Chan-Ui Hong, and Stalin P Kariyawasam. 1995. “Use of Mineral Trioxide Aggregate for Repair of Furcal Perforations.” *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*.” 79 (6): 756–63

- Gandolfi, Maria Giovanna, Paola Taddei, Francesco Siboni, Enrico Modena, Gabriela Ciapetti, and Carlo Prati. 2011. "Development of the Foremost Light-Curable Calcium-Silicate MTA Cement as Root-End in Oral Surgery. Chemical-Physical Properties, Bioactivity and Biological Behavior." *Dental Materials* 27 (7): e134–57.
- Garchitorena, María Inés, and Adriana Strehl. 2010. "Abordaje Biológico de La Caries Profunda de Dentina: El Tratamiento Por Etapas." *Odontoestomatología* 12 (15): 4–12.
- Gasperi, Taynnara Licéski, Josiane de Almeida Cava da Silveira, Tamer Ferreira Schmidt, Cleonice da Silveira Teixeira, Lucas da Fonseca Roberti Garcia, and Eduardo Antunes Bortoluzzi. 2020. "Physical-Mechanical Properties of a Resin-Modified Calcium Silicate Material for Pulp Capping." *Brazilian Dental Journal* 31 (3): 252–56.
- Granados, S., Alcalde, C., Guzman, J., Melendez, D., Torres, C., & Velasquez, Z. (2022). "Cementos a base de silicato de calcio: factor clave en el éxito del recubrimiento pulpar directo. Revisión de la literatura." *Revista Estomatológica Herediana*, 32(1), 52-60.
- Giani, Andrea, and Cecilia Cedrés. 2017. "Avances En Protección Pulpar Directa Con Materiales Bioactivos." *Actas Odontológicas* 14 (1): 4–13.
- Hidalgo Gato-Fuentes, Iliana, Johany Duque de Estrada Riverón, and José Alberto Pérez Quiñones. 2008. "La Caries Dental: Algunos de Los Factores Relacionados Con Su Formación En Niños." *Revista Cubana de Estomatología* 45 (1): 0
- Huayhua, E. 2013. "Estudio comparativo in vitro de la resistencia compresiva de resinas compuestas microhíbridas y nanohíbridas." *Repositorio Institucional Universidad Nacional Mayor de San Marcos*.
- Hiremath, H., Saikalyan, S., Kulkarni, SS y Hiremath, V. 2012. "Concentrado de Plaquetas de Segunda Generación (PRF) Como Medicamento Para Pulpotomía En Un Molar Permanente Con Pulpitis: Reporte de Un Caso." *Revista internacional de endodoncia*.
- Hung, M. 1998. "Irritantes Del Órgano Dentino-Pulpar Durante La Ejecución de Los

Procedimientos Restauradores.”

- Innes, N P T, Jo E Frencken, Lars Bjørndal, Marisa Maltz, David J Manton, David Ricketts, Kirsten Van Landuyt, Avijit Banerjee, Guglielmo Campus, and Sophie Doméjean. 2016. “Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Terminology.” *Advances in Dental Research* 28 (2): 49–57.
- Kathal S. Gupta S. Bhayya DP, Rao A, Roy AP, Sabhlok A. 2017. “A comparative evaluation of clinica and radiographic success rate of pulpotomy in primary molars using antioxidant mix and mineral trioxide aggregate: An in vivo 1 ‘ tear floow up study.” *J Indian Soc Pedod. Prev. Dent.* 35(4): 327-31.
- Kayahan, Mehmet Baybora, Mohammad Hossein Nekoofar, Amy McCann, Hakki Sunay, Rabia Figen Kaptan, Naghmeh Meraji, and Paul M.H. Dummer. 2013. “Effect of Acid Etching Procedures on the Compressive Strength of 4 Calcium Silicate-Based Endodontic Cements.” *Journal of Endodontics* 39 (12): 1646–48.
- Kenneth, J, and M Phillips. 2004. “Ciencia de Los Materiales Dentales.” *España: Editorial Elsevier.*
- Koch, K A, D G Brave, and A A Nasseh. 2010. “Bioceramic Technology: Closing the Endo-Restorative Circle, Part I.” *Dentistry Today* 29 (2): 100–105.
- Navarro-Betetta, R., Hinostroza-Izaguirre, MC. Mungi-Castañeda, S. 2017. “Pulpotomías en Dientes Deciduos con MTA: Reporte de caso.” *Revista odontología pediátrica.* 16 (2), 72-80.
- Nicoluzzi, A., Riberiro, M., Dos Reis, Candido, A. 2008. “La influencia del envejecimiento acelerado en resinas compuestas resistentes a la compresión”. *Ley Odont. Venez.* 46(4):1-5.
- Nielsen, M J, J A Casey, R A VanderWeele, and K S Vandewalle. 2016. “Mechanical Properties of New Dental Pulp-Capping Materials.” *General Dentistry* 64 (1): 44–48.
- Núñez, Daniel Pedro, and Lourdes García Bacallao. 2010. “Bioquímica de La Caries Dental.” *Revista Habanera de Ciencias Médicas* 9 (2): 156–66.
- Omar, S. 2015. “MTA, formocresol y sulfato férrico tienen resultados clínicos y radiográficos significativamente mejores que las terapias con hidróxido de calcio y láser en pulpotomías de molares primarios después de 18 a 24

- meses.” *Revista de práctica dental basada en evidencia*.15 (2), 58-60.
- Pereira, José Carlos, Fábio Sene, Angélica Reis Hannas, and Leonardo César Costa. 2004. “Tratamentos Conservadores Da Vitalidade Pulpar: Princípios Biológicos e Clínicos.” *Bio Odonto: Dentística e Estética* 2 (3): 1–100.
- Reyes-Carmona, Jessie F, Mara S Felipe, and Wilson T Felipe. 2009. “Biom mineralization Ability and Interaction of Mineral Trioxide Aggregate and White Portland Cement with Dentin in a Phosphate-Containing Fluid.” *Journal of Endodontics* 35 (5): 731–36.
- Santaella, J., Palencia, L., & Weffer, R. 2021. “Materiales más utilizados en tratamientos endodonticos de dientes primarios. Revisión bibliográfica.” *Revista de operatoria dental y biomateriales*. 10(2), 34-37.
- Sanz, José Luis, Anna Soler-Doria, Sergio López-García, David García-Bernal, Francisco J. Rodríguez-Lozano, Adrián Lozano, Carmen Llena, Leopoldo Forner, Julia Guerrero-Gironés, and María Melo. 2021. “Comparative Biological Properties and Mineralization Potential of 3 Endodontic Materials for Vital Pulp Therapy: Theracal PT, Theracal LC, and Biodentine on Human Dental Pulp Stem Cells.” *Journal of Endodontics* 47 (12): 1896–1906.
- Siboni, F., P. Taddei, C. Prati, and M. G. Gandolfi. 2017. “Properties of NeoMTA plus and MTA plus Cements for Endodontics.” *International Endodontic Journal*. 50 e83–94.
- Simancas Escorcía Victor, Díaz Caballero Antonio. 2020. “Biodentine: ¿sustituto de La Dentina? .” *Revista Salud Uninorte* 36 (3): 587–605.
- Smaïl-Faugeron, V., Porot, A., Muller-Bolla, M. y Courson, F. 2016. “Recubrimiento pulpar indirecto versus pulpotomía para el tratamiento de lesiones cariosas profundas que se acercan a la pulpa en dientes primarios: una revisión sistemática.” *Revista Europea de Odontología Pediátrica* , 17 (2), 107-112.

- Taha, N. A., & Abdelkader, S. Z. 2018. "Outcome of full pulpotomy using Biodentine in adult patients with symptoms indicative of irreversible pulpitis." *International endodontic journal*, 51(8), 819-828.
- Tanomaru-Filho, Mario, Vanessa Morales, Guilherme F. da Silva, Roberta Bosso, José M. S. N. Reis, Marco A. H. Duarte, and Juliane M. Guerreiro-Tanomaru. 2012. "Compressive Strength and Setting Time of MTA and Portland Cement Associated with Different Radiopacifying Agents." *ISRN Dentistry* 2012: 1–4.
- Tziafas, D. 2004. "The Future Role of a Molecular Approach to Pulp-Dentinal Regeneration." *Caries Research* 38 (3): 314–20.

XII. Anexos

XII.1 Hoja de recolección de datos

Numero muestra.	Theracal Pt® (Newton)	Diámetro Theracal Pt®	Theracal Pt® (MPa)	NeoMta® (Newton)	Diámetro Neo MTA®	Neo MTA® (MPa)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

XI.2 Instrumentos

1. Lentes de protección
2. Guantes
3. Campos
4. Cubrebocas
5. Matriz de silicona Elite Double, elaborada previamente con positivos de cilindros de acero inoxidable de 6mm de diámetro y 4 mm de alto.
6. Lámpara de fotocurado Elipar™ LED (3M)
7. Condensador #1 hollenback,plgh1, (Hu-Friedy)
8. Espátula para resina TNPFIW3 (Hu-Friedy)
9. Loseta de papel encerado.

10. Discos Soflex (3M ESPE)
11. Calibrador de metales
12. Vernier electrónico
13. Pieza de baja velocidad (WIH)
14. Mandril adaptador de discos para pieza de baja.
15. Pinzas de curación
16. Plumón indeleble
17. Cajas plásticas para almacenaje
18. Máquina universal de pruebas CMS metrology 21559044- STC -
500 kg.
19. Computadora
20. Theracal PT®.
21. Neo MTA®