

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA



FACULTAD DE ODONTOLOGIA

“Comparación del Grado de Dureza Superficial del Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP) y el Cemento Resinoso Odontopediátrico Modificado (CROPm), Arequipa 2014”

Tesis presentada por el Bachiller:

Ruelas Gutiérrez José Manuel

Para optar el Título Profesional de:

Cirujano Dentista

Arequipa – Perú

2014

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y darme fuerza en los momentos difíciles.

A mis padres y hermana, por su apoyo y amor incondicional.

Y a una persona muy especial, que estuvo conmigo dándome aliento en todo momento para seguir adelante.



AGRADECIMIENTOS

A mi Asesor, el Dr. Alberto Figueroa Banda, por su apoyo en la realización de este trabajo de Investigación, su permanente motivación y amistad.

A los Dres. Miembros del Jurado Evaluador de Proyecto de Tesis por sus invaluable consejos y aportes.

Y al Ing. Factor Muñoz, que colaboró conmigo en todas las pruebas de laboratorio.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo comparar el Grado de Dureza Superficial de un nuevo material restaurador, el Cemento Resinoso Odontopediátrico, y el Cemento Resinoso Odontopediátrico Modificado., con el objetivo de determinar cuál presentaba mayor grado de dureza y se adaptaba a las propiedades mecánicas de los materiales dentales.

Las unidades de estudio se repartieron en dos grupos: El Grupo Experimental A conformado por 20 probetas correspondientes a los ensayos con Cemento Portland Puro y el Grupo Experimental B conformado por 20 probetas correspondientes a los ensayos con Cemento Blanco.

Se procedió a la fase experimental, para ello se utilizó el Durómetro Universal INDENTEC 6187.5LK para materiales semi-duros, el cuál tomó 5 puntos al azar de cada probeta y dio un promedio que se llevó a una matriz de datos. Los datos obtenidos se registraron en unidades Rockwell.

Los datos obtenidos demostraron que: La mezcla de CROP del Grupo Experimental A tiene mayor grado de Dureza Superficial con un promedio de 41,3 Rockwell como valor optimo; en comparación del grupo Grupo Experimental B con un promedio de 24,2267 Rockwell.

Los resultados observados fueron clasificados según la norma DIN 53456 para Materiales Semi-Duros utilizada de manera referencial en el Ionomero de Restauración

ABSTRACT

The present research aimed to compare the degree of Surface Hardness of a new restorative material , Odontopediatric Cement Resinous in two versions (CROP and CROPm) , in order to determine what had higher hardness and adapted to the mechanical properties of dental materials .

Units of study are divided into two groups : Experimental Group A included 20 specimens corresponding to the tests with pure Portland cement and Experimental Group B included 20 specimens corresponding to specimens with White Cement .

We proceeded to the experimental phase , for what was used the Universal Hardness INDENTEC 6187.5LK for semi - hard materials, which took 5 points randomly from each specimen and an average which was a data matrix . The data were recorded in Rockwell units.

The data obtained showed that : CROP mixture of Experimental Group A has a greater degree of surface hardness with an average of 41.3 Rockwell as optimal value ; compared the group Experimental Group B with an average of 24.2267 Rockwell.

The observed results were classified according to DIN 53456 for Semi - Hard Materials used referentially in Ionomer Restoration

INTRODUCCIÓN

Actualmente, los materiales basados en silicato de calcio son reconocidos por su biocompatibilidad y por ser inductores de tejidos mineralizados, sin embargo, sus propiedades mecánicas no son la ideales y su manipulación es difícil.

El Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP) es un nuevo material basado en silicatos cálcicos presentes en diferentes presentaciones del Cemento Portland, creado por un grupo de investigadores, para ser utilizado como un sustituto de la dentina dañada.

El principal objetivo del Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP), fue desarrollar un material basado en silicato de calcio, con propiedades superiores a las ya existentes en relación al tiempo de fraguado, propiedades mecánicas y manipulación, lo que lo convierte en un material indicado tanto para restauraciones, como para procedimientos endodónticos.

Una de las principales desventajas de los cementos ya existentes en base a silicato de calcio, es el grado de dureza superficial, principalmente a causa de componentes como los aluminatos, que finalmente determinan el bajo grado de dureza superficial del producto.

Por estas razones el presente trabajo de investigación está orientado a determinar el grado de dureza superficial del Cemento Resinoso Odontopediátrico y clasificar su eficacia como material restaurador en tratamientos Odontológicos.

ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	i
Abstract	ii
Introducción.....	iii

CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Determinación del problema	2
1.2 Enunciado del problema.....	2
1.3 Característica definitiva del problema.....	2
1.4. Área del Conocimiento.....	3
1.5. Interrogantes básicas.....	4
1.6. Justificación del problema.....	4
1.6.1. Originalidad.	
1.6.2. Relevancia científica.	
1.6.3. Relevancia social	
1.6.4. Interés personal	
1.6.5. Viabilidad	

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 5

3. MARCO TEORICO.....6

3.1 Conceptos Básicos

3.1.1 Historia de los materiales dentales.....	6
3.1.1 Propiedades de los materiales dentales.....	8
3.1.1.1 Propiedades Mecánicas.....	8
3.1.1.2 Propiedades Químicas.....	11
3.1.1.3 Propiedades Biológicas.....	12

3.2 Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP).....12

3.2.1	Definición del Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP).....	12
3.2.2	Componentes Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP)	13
3.2.2.1	Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP).....	14
3.2.2.2	Cemento Resinoso Odontopediátrico Modificado (CROPm).....	14
3.2.3	Reacción Química del Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP).....	15
3.2.4	Importancia del Cemento Resinoso Odontopediátrico.....	15
3.3	Dureza Superficial de los Materiales Restauradores en Odontología.....	16
3.3.1	Generalidades.....	16
3.3.2	Estudio del Grado de Dureza Superficial Rockwell.....	17
3.3.2.1	Norma DIN 53456.....	18
3.3.3	Ionómero de Restauración KetacMolar	19
3.3.3.1	Definición y Composición.....	20
3.3.3.2	Propiedades Generales.....	21
3.3.3.3	Grado de Dureza Superficial del Ionómero de Restauración.....	24
4	ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS.....	25
5	HIPÓTESIS.....	27
 CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO OPERACIONAL		
1.	TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN.....	29
1.1	Técnica	29
1.2	Instrumentos	30
1.3	Materiales	33
2.	CAMPO DE VERIFICACIÓN	34
2.1	Ubicación espacial.....	34
2.2	Ubicación temporal	34
2.3	Unidades de estudio	34
2.4	Estrategia Investigativa	34
Universo.....		35
Muestra.....		35
3.	ESTRATEGIA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
3.1	Organización	36
3.2	Recursos.....	37
3.2.1	Recursos humanos	
3.2.2	Recursos físicos	

3.2.3 Recursos Económicos	
4. ESTRATEGIA DE MANEJO DE DATOS	37
4.1 A nivel de Sistematización o procesamiento	
4.2 A nivel de estudio de datos	
4.3 A nivel de conclusiones	
5. CRONOGRAMA DE TRABAJO.....	38
CAPITULO III : RESULTADOS	39
1. DISCUSIÓN.....	54
2. RESULTADOS	55
3. CONCLUSIONES	56
4. RECOMENDACIONES	57
5. BIBLIOGRAFÍA	58
6. INFORMATOGRAFIA	59
7. ANEXOS.	61



CAPÍTULO

I

I. PLANTEAMIENTO TEORICO

1. EL PROBLEMA

1.1 Enunciado

“Comparación del Grado de Dureza Superficial del Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP) y el Cemento Resinoso Odontopediátrico Modificado (CROPm), Arequipa 2014”

1.2 Descripción

a. Caracterización definitiva del problema:

El presente trabajo de investigación se ha determinado bajo los siguientes criterios:

El Cemento Resinoso Odontopediátrico, al ser un nuevo material de obturación experimental, es de vital importancia probar en primer lugar sus propiedades mecánicas como dureza superficial, compresión, contracción, etc. Ya que serán la base para comparar su eficacia en sus diferentes versiones (CROP y CROPm). Y así poder determinar cuál de los compuestos tiene mayor grado de dureza superficial sin perder sus otros efectos biológicos beneficiosos, como biocompatibilidad, durabilidad, que sea de fácil aplicación y de bajo costo

Es por ello que se plantea evaluar cómo afecta lo anteriormente mencionado, de acuerdo a normas internacionales establecidas (DIN 53456) de grado de dureza superficial.

b. Área del conocimiento:

- A. **Área General :** Ciencias de la Salud
 B. **Área Específica:** Odontología
 C. **Área de la Especialidad:** Materiales Dentales
 D. **Línea o Tópico:** Dureza Superficial

c. Análisis u operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADORES	SUBINDICADORES
Grado de dureza Superficial del CROP	Grado de Dureza Superficial Rockwell	Expresión en Rockwell (DIN 53456 - Testing Of Plastics; Indentation Hardness Test)
	Clasificación del grado de Dureza Superficial	*Muy bueno : 44.5 - 55 Rockwell a + *Bueno :36.6 – 44.5 Rockwell *Regular :28.6 – 36.5 Rockwell *Malo :20.1 – 28.5 Rockwell *Muy malo :20.0 Rockwell a -
Grado de Dureza Superficial del CROPm (Norma DIN 53456)	Grado de Dureza Superficial Rockwell	Expresión en Rockwell (DIN 53456 - Testing Of Plastics; Indentation Hardness Test)
	Clasificación del grado de Dureza Superficial	*Muy bueno : 44.5 a 55 Rockwell + *Bueno :36.6 – 44.5 Rockwell *Regular :28.6 – 36.5 Rockwell *Malo :20.1 – 28.5 Rockwell *Muy malo :20.0 Rockwell a -

d. Interrogantes Básicas

1. ¿Cuál será el grado de dureza superficial del Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP)?
2. ¿Cuál será el grado de dureza superficial del Cemento Resinoso Odontopediátrico Modificado (CROPm)?
3. ¿Cuál de los dos materiales tiene mayor grado de dureza superficial?

e. Tipo de Investigación

Experimental

1.3 Justificación

- **Originalidad**

Esta investigación es original porque buscó informar acerca de una de las principales propiedades mecánicas de un nuevo material obturado CROP.

- **Relevancia Científica**

El estudio y utilización de los beneficios de los silicatos cálcicos presentes en el cemento portland, en un nuevo material experimental de obturación llamado CROP.

- **Factibilidad**

Es factible porque se cuenta con los materiales, literatura, estudios previos y conocimientos metodológicos.

- **Contribución Académica**

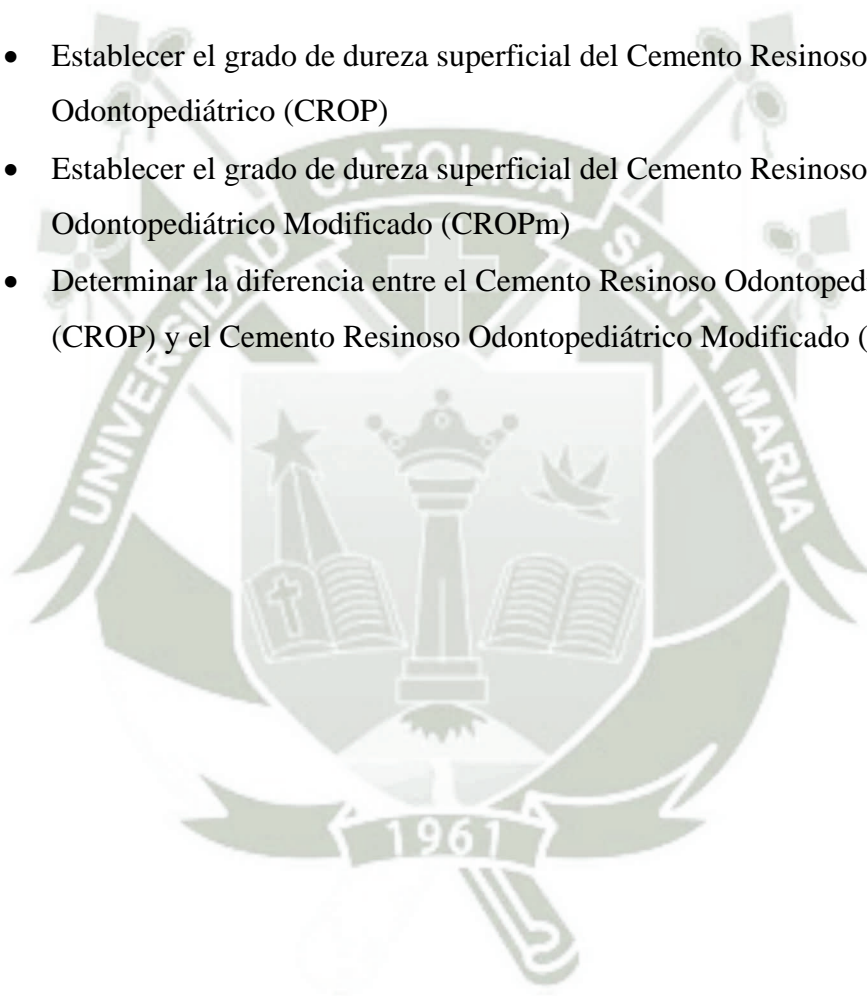
El presente trabajo contribuirá en la profundización y el estudio del cemento resinoso Odontopediátrico (CROP)

- **Interés para el Investigador**

Particularmente al profundizar en el estudio y la mejora de las propiedades del cemento ha alimentado mi curiosidad y mi necesidad de conocimiento.

2 OBJETIVOS

- Establecer el grado de dureza superficial del Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP)
- Establecer el grado de dureza superficial del Cemento Resinoso Odontopediátrico Modificado (CROPm)
- Determinar la diferencia entre el Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP) y el Cemento Resinoso Odontopediátrico Modificado (CROPm)



3 MARCO TEORICO

3.1 Conceptos Básicos

3.1.1 Historia de los materiales dentales

Se cree que la Odontología como especialidad tuvo su origen aproximadamente en el año 3000 A.C. Después del 2500 A.C., los fenicios utilizaban bandas y alambres de oro. Alrededor del año 700 A.C., los etruscos tallaban marfil o hueso para construir prótesis parciales que se ajustaban a los dientes por medio de bandas o alambres de oro.¹

Algunos dientes hallados en momias egipcias eran dientes humanos trasplantados o bien tallados en marfil. La prueba documental más antigua sobre materiales de implantes dentales se atribuye a los etruscos y data del año 700 A.C. Alrededor del 600 A.C. los mayas utilizaron implantes hechos de segmentos de conchas marinas colocados en los alvéolos dentarios anteriores. Los Mayas y posteriormente los Aztecas empleaban incrustaciones de oro repujado, de piedra o minerales con fines estéticos o como ornamento tradicional.

En 1853 se introdujo en Estados Unidos e Inglaterra el oro esponjoso en sustitución de las láminas de oro. En 1855, Arturo propuso el uso del oro cohesivo. En 1897, Philbrook describió el uso de obturaciones metálicas a partir de cera de la cavidad dental.

En 1816, Taveau desarrolló en Francia lo que probablemente sea la primera amalgama dental, utilizando monedas de plata mezcladas con mercurio. En 1833, los hermanos Crawcour, que emigraron de Francia a Estados Unidos, introdujeron las obturaciones de amalgama de Taveau. Sin embargo, los

¹ PHILLIPS. Ciencia de los Materiales Dentales, Undecima Edición, Pag 6

alumnos de la universidad de Odontología de Baltimore optaron por no utilizar amalgamas en las prácticas. Muchos dentistas criticaron la baja calidad de las primeras restauraciones de amalgama, lo cual dio lugar a la “guerra de la amalgama”, entre 1840 y 1850. Las investigaciones llevadas a cabo entre 1860 y 1890 sobre la fabricación de la amalgama mejoraron notablemente sus propiedades de manipulación y de aplicación clínica.

En 1895, Black propuso realizar preparaciones cavitarias estandarizadas, así como procesos manufacturados con el fin de crear productos para amalgamas dentales. En 1746, Mouton desarrolló las coronas de oro, sin embargo, fueron patentadas por Beers en 1873. En 1885, Logan patentó la porcelana adherida a un perno de platino en sustitución de los de madera, y en 1907 se introdujo la corona separada del perno, cuyo ajuste era mucho más sencillo.

En 1839, Charles Goodyear inventó la goma vulcanizada de bajo coste, que permitía moldear las prótesis de manera precisa y ajustarlas a la boca. Desde 1839, la calidad de las bases de las prótesis ha mejorado gracias al uso de resinas acrílicas y de metales para colados.

Antes del siglo XX, debido a la falta de electricidad y de tecnología, las obturaciones eran de baja calidad y no ajustaban bien dentro del diente. Sin embargo, en 1907 Taggert desarrolló un método más refinado para la creación de incrustaciones coladas. Hasta la década de 1900 no se produjeron grandes mejoras en la construcción de prótesis parciales fijas.

El uso de fluoruro para prevenir la desmineralización dental tuvo su origen en 1915. En diversas zonas de Colorado se llevaron a cabo estudios sobre la baja tasa de caries en la población, cuyo suministro de agua contenía notables concentraciones de fluoruro. En 1994 comenzó la fluorización controlada del agua (1ppm) para reducir la incidencia de caries dental (desmineralización). Desde entonces, la incidencia de caries en niños que habían tenido acceso al agua fluorada disminuyó un 50%. La incidencia de caries se ha reducido aún

más gracias al uso de selladores de fosas y fisuras, de barnices que liberan fluoruro y de materiales de restauración.²

3.1.2 Propiedades de los materiales dentales

Son definidas como la respuesta o característica de un material cuando se le aplica un estímulo y tiene íntima relación con la estructura y uniones de un material. Dependiendo del estímulo las propiedades se clasifican en: Físicas, químicas y biológicas.

3.1.2.1 Propiedades Físicas y Mecánicas

Las propiedades físicas de los materiales dependen de la materia con la que están formados en algunos casos de los átomos que lo componen en otros de las uniones entre ellos o de la presencia de los electrones libres. En física es habitual la diferencia entre las propiedades extensivas o intensivas según este relacionado con la cantidad de materia existente o no.

Los materiales tienen propiedades intrínsecas, que son las propias de estos, y propiedades extrínsecas, que son las que se evidencian cuando una fuerza actúa sobre ellos.³

La Densidad es la cantidad de material, por unidad de volumen; es el peso de la estructura en función de su volumen, se expresa en g/cm³

El coeficiente de variación dimensional térmica, es la variación de longitud que experimenta la unidad respectiva de un material, por cada grado centígrado de variación de la temperatura. Esto también le ocurre a las piezas dentales.

² PHILLIPS. Ciencia de los Materiales Dentales, Undecima Edición, Pag 8

³ Ibíd, Pag 15

La conductividad térmica y eléctrica, es la capacidad del material de conducir la temperatura o la electricidad a través de su masa. Hay buenos conductores, como también hay materiales aislantes a la electricidad. Las restauraciones metálicas pueden generar diferencias de potenciales que son conducidas por la saliva y genera pigmentaciones en el material. ⁴

Medición de Tensiones

Para medir la resistencia de un material, se requiere saber cuanto es la fuerza necesaria para romper una Probeta al someterla a fuerzas en aumento progresivo, para que los valores puedan compararse con cualquier tamaño.

Tensión: fuerza / superficie (newton/cm²)

Tensión compresiva: son dos fuerzas de igual dirección y sentidos opuestos, que aplastan al cuerpo sobre el que actúan, disminuyendo su longitud. La fuerza del material que se opone a esta compresión, es la Resistencia Compresiva.

Tensión Traccional: son dos fuerzas de igual dirección y sentidos contrarios, que tienden a aumentar el largo del cuerpo sobre el que actúan. La fuerza del material que se opone a la tracción, es la Resistencia Traccional.

Tensión de corte o Tangencial o de Cizallamiento: son dos fuerzas paralelas y de sentidos contrarios, que tienden a desplazar un sector del cuerpo respecto de otro. La fuerza que se opone al corte, es la Resistencia de corte. ⁵

Tensión Flexural: es cuando un cuerpo es sometido a una flexión, por la acción de cargas flexurales, que producen tensiones compresivas, traccionales y de corte. El estudio de la Resistencia Flexural o Módulo de Ruptura,

⁴ Materiales Dentales <http://facultades.unab.cl/odontologia/files/2011/10/compendio-clases-de-biomateriales.pdf>

⁵ MACCHI, Ricardo Luis. Materiales Dentales, Primera Edición, Pag 20

comprende el análisis del complejo de tensiones o combinación de los tipos de tensiones fundamentales.

Para medir los cambios de temperatura como el CaSO_4 , se pueden graficar las coordenadas XY. Para aleaciones de metales, se pueden hacer diagramas de fases midiendo el grado de combinación v/s la temperatura de cada elemento. En la deformación existe el Módulo elástico de Young, que es la relación numérica entre tensión y deformación, cuando se cumple la ley de Hooke, que dice que las deformaciones producidas, son proporcionales a la tensión ejercida, hasta una tensión máxima, que es el límite proporcional, y es el punto donde se pierde la proporción de la deformación.

Viscoelasticidad (flujo o escurrimiento): se produce en materiales no cristalinos, o cristalinos imperfectos, que sufren deformaciones permanentes al ser sometidos a cargas inferiores al límite proporcional. Los fluidos viscosos se deforman permanentemente y progresivamente en función del tiempo o frecuencia.⁶

Maleabilidad: es la capacidad del material de deformarse permanentemente bajo cargas compresivas (laminarse).

Ductilidad: es la capacidad del material de deformarse permanentemente bajo cargas traccionales.⁷

Dureza superficial: es la resistencia que presenta un material a la indentación permanente. Se trata de rayar o perforar la superficie de una Probeta del material en estudio, por medio de un indentador definido y aplicando una carga definida.

⁶ MACCHI, Ricardo Luis. Ob. Cit. Pag 22

⁷ Propiedades de los Materiales Dentales, <http://tecnicasdentales.com.ar/?p=696>

Relacionando la carga, y el tipo de indentación, se pueden definir 4 tipos de durezas:

- **Dureza de Brinell (BHN):** el indentador tiene una pequeña esfera de acero que se apoya en la superficie del material, aplicando fuerza. Se mide el diámetro de la impresión.
- **Dureza de Rockwell:** es similar al anterior, con una esfera de acero, pero se mide la profundidad de la impresión.
- **Dureza de Vickers (VHN) o Pirámide cuadrangular:** deja una huella cuadrangular, donde se miden áreas muy pequeñas.
- **Dureza de Knoop (KHN):** la huella tiene forma romboidal, y se mide el diámetro más largo entre las aristas del rombo.
- **Rayado:** es un tipo de huella que deja una grieta, donde se mide el ancho de esta para determinar la resistencia superficial.

8

3.1.2.2. Propiedades Químicas

A) Pigmentación

Consisten en un depósito superficial de compuestos de diversos orígenes como los sulfuros, cloruros y pigmentos provenientes de alimentos y bebidas. La pigmentación no afecta a la estructura del material.

B) Corrosión

Es un proceso químico que atraviesa un material cuando es atacado por agentes naturales produciendo deterioro o debilitamiento parcial o completo del mismo. La corrosión se puede clasificar en corrosión química que

⁸ MACCHI, Ricardo Luis. Ob. Cit, Pag 26

significa que puede afectar a los dientes por la solubilización de los ácidos y la corrosión electroquímica que es propia de los materiales metálicos

3.1.2.3 Propiedades Biológicas

Los materiales Dentales deben de ser biocompatibles con el ser humano, inocuos y sin grado de toxicidad.

3.2 Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP)

3.2.1 Definición del Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP)

El Cemento Resinoso es un compuesto experimental elaborado en los laboratorios de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Agustín, a cargo del Dr. Alberto Figueroa Banda y su grupo de trabajo.

El CROP actúa como sustituto de dentina bioactiva, e compuesto a base de silicatos bicálcicos y silicatos tricálcicos, que poseen propiedades mecánicas similares a la dentina sana y en teoría podría reemplazarla tanto a nivel coronario como a nivel radicular. El silicato tricálcico ha demostrado ser biocompatible, pues no induce daño a las células pulpares, y además es capaz de estimular la formación de dentina reparadora.

Contiene principalmente elementos minerales de alta pureza, exentos de monómero. Sus propiedades mecánicas y físicas permiten un funcionamiento rápido, de fácil utilización y biocompatible. El CROP proporciona las condiciones óptimas para conservar la vitalidad pulpar, garantizando la hermeticidad a nivel dentinario, la ausencia de sensibilidad post-operatoria y la perennidad de las restauraciones realizadas en dientes con pulpa viva.

Estaría indicado a nivel coronario para:

- Restauración no definitiva del esmalte
- Restauración dentinaria definitiva.

- Restauración de lesiones cariosas coronarias profundas y/o voluminosas
- Restauración de lesiones cervicales y/o radiculares profundas
- Recubrimiento pulpar

3.2.2 Componentes Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP)

El CROP y el CROPm están conformados por los mismos compuestos, variando únicamente la fuente de los silicatos cálcicos:

- Cemento Portland Tipo 1 Puro
- Cemento Blanco Portland

Siendo los componentes:

- **Silicato bicalcicos y tricálcico:** es el principal componente del polvo y es quien regula la reacción de fraguado.
- **Resina Poliester:** Es un poliéster ortoftálico que combina propiedades de alta reactividad con mediana dureza, su gran claridad y alta resistencia al amarillamiento lo hacen apto para ser usado en la fabricación de todo tipo de artículos moldeados por contacto, donde combina excelentes propiedades de dureza con alta resistencia al impacto.
- **Metil Etil Cetona(MEC):** Siendo el activador y en parte acelerador de la mezcla, reacciona con la resina poliéster.
- **Naftenato de Cobalto:** Tiene como objetivo acelerar el proceso de fraguado junto con el MEC.
- **Óxido de Zinc y Dioxido de Titanio:** Sirven principalmente como relleno y para mejorar las características estéticas del CROP.

3.2.2.1 Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP)

Se utilizó los silicatos cálcicos presentes en el Cemento Portland Tipo I, el cual contiene:

- Silicato tricálcico	70 a 72 %
- Silicato dicálcico	8 a 10 %
- Aluminato férrico tetracálcico	10 a 12%
- Aluminato tricálcico	3 a 4 %
- Componentes de menor concentración	5 – 8 %
○ óxido de silicio	
○ óxido de aluminio	
○ óxido férrico	
○ óxido de calcio	

3.2.2.2 Cemento Resinoso Odontopediátrico Modificado (CROPm)

Se utilizó los silicatos cálcicos presentes en el Cemento Blanco, el cual contiene:

Silicato Tricalcico	50.42%
Silicato Dicálcico	30.36%
Aluminato Tricálcico	7.59 %
ferrita aluminato tetracálcico	1-3 %
Insolubles	0 - 1 %
Componentes de menor concentración	3 -5 %

3.2.4 Reacción química del Cemento Resinoso Odontopediátrico

Este cemento a base de silicato de calcio, cristaliza cuando es mezclado con resina. Por medio de una reacción de hidratación del silicato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = \text{C}_3\text{S}$), que produce un gel de silicato de calcio hidratado (CSH gel) e hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Esta reacción de disolución, se produce en la superficie de cada grano de silicato de calcio. El silicato de calcio hidratado y el exceso de hidróxido de calcio, tienden a precipitar en la superficie de las partículas y en los poros del polvo, debido a la saturación del medio. Este proceso de precipitación se ve reforzado en los sistemas con bajo contenido de agua.

Los granos de silicato de calcio que no han reaccionado, son rodeados por capas de gel de silicato de calcio hidratado, que son relativamente impermeables al agua, retrasando así los efectos de más reacciones. La formación de gel de $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, se debe a la hidratación permanente del silicato tricálcico, el que gradualmente llena los espacios entre granos de silicato tricálcico. El proceso de fraguado, resulta de la formación de cristales que se depositan en una solución sobresaturada

3.2.5 Importancia del Cemento Resinoso Odontopediátrico

Actualmente, los cementos dentales basados en silicato de calcio son reconocidos por su biocompatibilidad y por ser inductores de tejidos mineralizados, pero carecen de propiedades mecánicas y son difíciles de manipular. La principal mejoría fue orientada a desarrollar un material basado en silicato de calcio, con propiedades superiores a los ya existentes en relación al tiempo de fraguado, propiedades mecánicas y manipulación.

Este nuevo material conocido como CROP, producido en Arequipa, con el objetivo de acortar el tiempo de fraguado y mejorar la resistencia mecánica de los silicatos de calcio es combinado con diversos materiales.

3.3 Grado de Dureza Superficial de los Materiales Restauradores en Odontología

En ciertas ocasiones interesa fundamentalmente analizar el comportamiento de la superficie del material; por ejemplo, la mayor o menor dificultad con que puede ser dañada o desgastada.

Una manera de evaluar ese comportamiento es determinar la dureza, que puede definirse como la resistencia que ofrece el material a que se le haga una “indentación” (depresión o marca) permanente. De la definición surge el método para medirla: Se trata de penetrar o rayar una probeta del material en estudio por medio de un penetrador o “indentador” definido aplicando sobre éste una carga establecida. Relacionando la carga aplicada con la magnitud de la penetración o raya puede establecerse el valor de la dureza.⁹

3.3.1 Generalidades

Cuando mayor sea el valor de este número (a veces expresado en kilogramo sobre milímetro cuadrado), mayor será la resistencia de ese material a la penetración. Hay diversos métodos para medir dureza. Todos se basan en el mismo principio ya descrito. La diferencia entre ellos radica en el tipo de penetrador utilizado.

El sistema Brinell tiene dos inconvenientes: el primero es que no sirve para aplicarlo sobre materiales frágiles, ya que para producir la huella hay que superar bastante el límite proporcional, lo que no es posible en ese tipo de materiales. El segundo es que no tiene en cuenta la recuperación que produce en el material al retirar la esfera, es decir que no se mide la magnitud real de la penetración sino la penetración menos la recuperación que se produce cuando la superficie tiende a volver a su forma original.¹⁰

⁹ Macchi, Ricardo Luis. Ob. Cit. pag. 34

El sistema Rockwell (en realidad una serie de sistemas en los que puede variar el tipo de “indentador” y la carga utilizada) es similar al Brinell pero con él, en lugar de medirse la superficie de la huella, se mide la profundidad de la penetración. Ofrece mejor garantía de exactitud, dependiendo del instrumento y es más fácil y rápido de llevar a cabo.

En el método Vickers, se emplea un diamante que deja, al aplicarle una carga variable, una huella en forma cuadrangular muy pequeña, lo que permite realizar mediciones aun en áreas reducidas.

En el sistema Knoop o de microdureza el “indentador” es un diamante tallado en forma piramidal que mide la huella dejada en la probeta por la diagonal mayor debido a que en su nivel la recuperación elástica que se produce no tiene tanta importancia.

Con materiales con no tanta capacidad de resistir la penetración, por ejemplo algunos materiales orgánicos, puede emplearse otro tipo de “indentador” y determinarse la dureza denominada Barcoll.

Otro modo de evaluar la dureza consiste en un rayado hecho con la superficie de un “indentador” estandarizado. El ancho de huella permite tener una medición de la resistencia superficial del material.

La selección del método de ensayo depende de diversos factores que interesan mas al que estudia o fabrica materiales que al que los utiliza. Este solo debe tener presente que los valores obtenidos con los distintos métodos no son equivalentes. Por lo tanto no deben sacarse conclusiones sobre las características de la superficie de materiales distintos sobre la base de valores de dureza sino se especifica cómo se llegó a esos valores en cada caso.¹¹

3.3.2 Estudio del grado de dureza Superficial Rockwell

La dureza Rockwell o ensayo de dureza Rockwell es un método para determinar la dureza, es decir, la resistencia de un material a ser penetrado.

¹¹ Macchi, Ricardo Luis. Ob. Cit. pag 34-36

El ensayo de dureza Rockwell constituye el método más usado para medir la dureza debido a que es muy simple de llevar a cabo y no requiere conocimientos especiales.

Se pueden utilizar diferentes escalas que provienen de la utilización de distintas combinaciones de penetradores y cargas, lo cual permite ensayar prácticamente cualquier metal o aleación. Hay dos tipos de penetradores: unas bolas esféricas de acero endurecido (templado y pulido) de 1/16, 1/8, 1/4 y 1/2 pulg, y un penetrador cónico de diamante con un ángulo de $120^\circ \pm 30'$ y vértice redondeado formando un casquete esférico de radio 0,20 mm (Brale), el cual se utiliza para los materiales más duros.

El ensayo consiste en disponer un material con una superficie plana en la base de la máquina. Se le aplica una precarga menor de 10 kg, básicamente para eliminar la deformación elástica y obtener un resultado mucho más preciso. Luego se le aplica durante unos 15 segundos un esfuerzo que varía desde 60 a 150 kgf a compresión. Se desaplica la carga y mediante un durómetro Rockwell se obtiene el valor de la dureza directamente en la pantalla, el cual varía de forma proporcional con el tipo de material que se utilice. También se puede encontrar la profundidad de la penetración con los valores obtenidos del durómetro si se conoce el material.

Para no cometer errores muy grandes el espesor de la probeta del material en cuestión debe ser al menos diez veces la profundidad de la huella. También decir que los valores por debajo de 20 y por encima de 100 normalmente son muy imprecisos y debería hacerse un cambio de escala.

El cambio de escala viene definido por tablas orientativas, puesto que no es lo mismo analizar cobre que acero. Estas tablas proporcionan información orientativa sobre qué escala usar para no dañar la máquina o el penetrador, que suele ser muy caro.¹²

¹² Wikipedia: Dureza Rockwell. http://es.wikipedia.org/wiki/Dureza_Rockwell

3.3.3.1 NORMA DIN 53456

DIN es el acrónimo de Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización), con sede en Berlín, es el organismo nacional de normalización de Alemania. Elabora, en cooperación con el comercio, la industria, la ciencia, los consumidores e instituciones públicas, estándares técnicos (normas) para la racionalización y el aseguramiento de la calidad. El DIN representa los intereses alemanes en las organizaciones internacionales de normalización (ISO, CEI, entre otros.). El comité electrotécnico es la DKE en DIN y VDE (Frankfurt).

El DIN fue establecido el 22 de diciembre de 1917 como Normenausschuss der deutschen Industrie (NADI). El acrónimo DIN también ha sido interpretado como Deutsche Industrie Norm (Norma de la Industria Alemana) y Das Ist Norm (Eso es norma).

A través de la metodología empleada en la elaboración de las normas se pretende garantizar que sus contenidos correspondan con el «estado de la ciencia».¹³

DIN 53456 : Rockwell Hardness Testing of Plastics

Corresponde a la norma dedicada para el grado de dureza superficial de los materiales dentales en Alemania.

Usa el método Rockwell para estandarización de Grado de Dureza.¹⁴

3.3.4 Ionómero de Restauración Ketac Molar

El ionómero de vidrio es un material que resulta de la combinación de una solución acuosa de ácidos policarboxílicos y de silicato de aluminio mas

¹³ Wikipedia: DIN <http://es.wikipedia.org/wiki/DIN>

¹⁴ DIN 53456: Rockwell Hardness Testing of Plastics

otras partículas que es utilizado en los mas diversos procedimientos de la odontología restauradora debido a sus propiedades específicas.¹⁵

Los cementos de ionómero de vidrio fueron introducidos en la década de los 70 por WILSON y KENT (1971). La idea original era mezclar un vidrio y un acido poliacrílico en un intento de obtener un material, que obtuviera las cualidades estéticas del vidrio y las adhesivas del acido poliacrílico. Así evitando los inconvenientes de los otros cementos

3.3.4.1 Composición del Ionómero de Restauración Ketac Molar

El material de obturación de ionómero de vidrio Ketac™ Molar Easymix está disponible en la versión de mezclado manual: El material de ionómero de vidrio en cápsula Ketac Molar Aplicap™ difiere de la versión de mezclado manual en que posee una distribución modificada del ácido policarboxílico entre el polvo y el líquido. Todas las versiones de la línea de productos Ketac Molar tienen una concentración de ácido comparable en el estado de mezcla.¹⁶

La descomposición de los cementos de acuerdo a sus principales componentes:

Polvo	Líquido	
	Acido fosfórico	Acido poliacrílico
Oxido de zinc	Cemento de fosfato	Cemento de carboxilato
Vidrio	Cemento de silicato	Cemento de ionómero de vidrio

¹⁵ Solutions3M: http://solutions.3m.com.pe/wps/portal/3M/es_PE/3MESPE_LA/dental-professionals/productos/productos-por-categoria/ionomeros-de-vidrio/ketac-molar-easymix/

¹⁶ Ficha Técnica Ionómero de Restauración Ketac Molar EasyMix

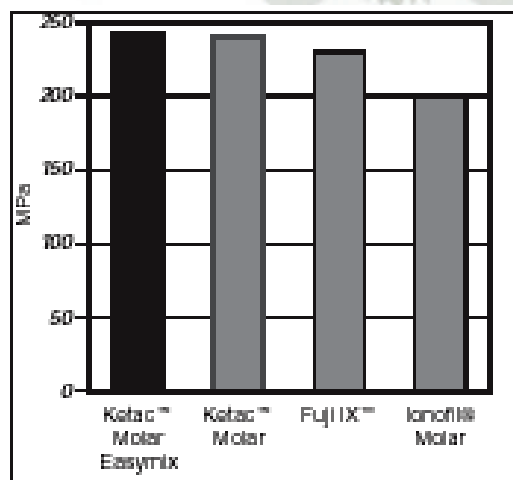
Cuando se mezclan los dos componentes se produce una reacción ácido-base que forma un gel salino que al polimerizar se convierte en una masa más o menos amorfa. Debido a que algunos de los componentes del cemento no se afectan con esta reacción, generalmente se formará una matriz con los cementos ó reacción cruzada que se unirá con los granos de óxido de metal restantes (e.g. en el cemento de fosfato de zinc)

3.3.4.2 Propiedades Generales

Propiedades Mecánicas

Resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.

Las restauraciones están sujetas intraoralmente a fuerzas compresivas y de flexión. Mientras que las fuerzas compresivas ocurren primordialmente en el área que soporta la oclusión, la fuerza de flexión es mayor en el área cervical. La excelente resistencia a la compresión y a la flexión en un material de restauración contrarresta las fuerzas señaladas y previene que la restauración se fracture.¹⁷



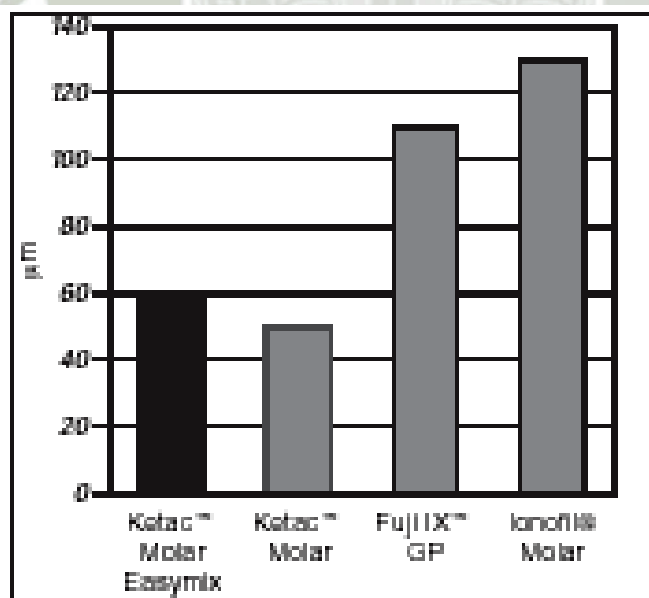
¹⁷ Ficha Técnica Ionómero de Restauración Ketac Molar EasyMix

Resistencia a la abrasión

Un procedimiento común para probar la resistencia a la abrasión del material de restauración es el método llamado ACTA. En este método, una rueda de la muestra y una rueda de acero inoxidable texturizado rotan una contra la otra en una suspensión mezclada de mijo. Debido a que la rueda de acero inoxidable es más angosta que la rueda de muestra, ésta deja una pista de abrasión cuya profundidad puede ser medida. Mientras más profunda sea la pista de abrasión, el material resultará menos resistente a la abrasión.

Resistencia a la erosión por ácidos

Los procesos metabólicos de las bacterias intraorales producen ácidos, especialmente ácidos lácticos, los cuales desembocan a un proceso de erosión a las superficies del cemento de ionómero de vidrio. Clínicamente esto se viene a significar en una erosión acelerada de la superficie. Un alto nivel de la resistencia a esta erosión contribuye a la duración de la restauración.



Propiedades Químicas

Adhesión Química

El comportamiento adhesivo de los materiales de restauración hacen posible crear preparaciones que son gentiles con la estructura dental. Sin embargo, los márgenes de una obturación de cemento de ionómero de vidrio deberá tener un grosor de por lo menos 0.5 mm para evitar cualquier fractura en los márgenes de la restauración.

La adhesión química de un cemento a la estructura dura de la dentina ya ha sido probada por los cementos de carboxilato, cuyos ácidos poliacrílicos forman una unión de quelato con los iones de calcio de la estructura dura de la dentina (esmalte y dentina).¹⁸

El proceso inicial de adhesión surge de la creación de puentes de hidrógeno entre los grupos carboxílicos y de hidroxilapatita de la estructura dura de la dentina; aunque es probable que los enlaces iónicos así formados predominen. Además se cree que existe una unión química adicional entre amino ácidos y ácidos carbónicos del colágeno dentinario. Debido al alto porcentaje de hidroxilapatita en el esmalte, se asume que las fuerzas adhesivas del esmalte son mas fuertes que las de la dentina.

Propiedades Biológicas

Biocompatibilidad

Los materiales dentales no deben ser utilizados oralmente hasta realizar un previo proceso de evaluación de la reacción biológica, el cual debe estar previamente documentado por estudios histológicos bajo todas las condiciones posibles y el material debe ser clasificado como seguro de utilizarse. Un gran número de publicaciones han certificado que la biocompatibilidad de la pulpa con el ionómero de vidrio es de satisfactoria

¹⁸¹⁸ Ficha Técnica Ionómero de Restauración Ketac Molar . Ob. Cit.

a buena, sin embargo, se han expresado muchas dudas particularmente después de pruebas de cultivo de células.

Liberación de flúor

Los cementos de ionómero de vidrio tienen un alto grado de descarga inicial de flúor, debido a que la mayoría del flúor liberado se guarda en la superficie de la restauración. El grado de liberación de flúor continúa descendiendo por varios meses y luego se estabiliza en un nivel constante. El flúor liberado va del interior a la superficie de la restauración donde se forma una solución. El uso de la pasta dental, geles ó soluciones que contienen flúor pueden reforzar la re-flúoridización de las obturaciones a base de cementos de ionómero de vidrio.¹⁹

3.3.4.3 Grado de Dureza del Ionómero de Restauración Ketac Molar

Debido al tamaño mejorado de las partículas de vidrio, Ketac™ Molar tiene excelentes propiedades mecánicas. En la Tabla 2 las propiedades del material de los tres productos Ketac™ Molar se comparan usando los métodos usuales de de medidas estandarizadas.²⁰

	Ketac™ Molar APLICAP (valores Promedio)	Ketac™ Molar versión de MEZCLA A MANO
Tiempo de polimerización (min) ISO 9917	2:30	3:30
Resistencia compresiva (Mpa) ISO 9917	460	210± 13
Dureza de la superficie (Mpa) DIN 53456	260	420± 82
Radiopacidad (%) ISO 4049 260	250	
Resistencia a la flexión (Mpa) ISO 4049	33	37±6

¹⁹ Ficha Técnica Ionómero de Restauración Ketac Molar EasyMix

3.4 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

A) Título : Efecto del Cemento Portland (YURA) en la Formación del Punte Dentinario en Premolares Pulpotomizados de Perro, Arequipa 2010 – 2011

Autor: Alain M. Chaple Gil, Lien Herrero Herrera

Resumen:

La pulpotomía es un procedimiento terapéutico de amputación de la pulpa coronaria. La superficie herida del remanente pulpar radicular es tratada con un material que produce su reparación en este caso el material a utilizar es el cemento Portland.

El objetivo de este estudio fue analizar el efecto del cemento Portland para la formación de puente dentinario en dientes pulpotomizados de perros. Debido a que el Cemento Portland es materia prima del Agregado Trioxi- Mineral o MTA material utilizado como un cemento reparador, se pretende observar si tiene las mismas propiedades de este, siendo el Cemento Portland un material que se encuentra abundantemente en nuestro entorno y teniendo un costo muy bajo.

Este estudio fue realizado en dieciséis premolares de dos perros sanos de entre 24 a 48 meses de edad y entre 10 y 15 kg de peso. Se procedió a realizar una historia clínica veterinaria para la identificación de los animales y sus características.

B) Título: Resistencia Mecánica a la Compresión de los Materiales Cemento Portland Modificado Resinoso y el Ionómero de Vidrio Ketamolar.

Arequipa 2011

Autor: Manrique Cordova, Yngrid Joanna (UCSM)

Resumen:

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo comparar la Resistencia Mecánica a la compresión del Cemento Portland Modificado

Resinoso y el Ionómero de vidrio Ketac Molar, con el propósito de confirmar cuál de estos es mucho más resistente a dicha propiedad.

Las unidades de estudio fueron: Grupo Experimental 15 probetas de Cemento Portland Modificado Resinoso y Grupo Control: 15 probetas Ketac Molar.

Las muestras de cada material fueron sometidas a resistencia a la compresión; para el Ketac Molar fue después de 7 días de haber realizado la mezcla del polvo y líquido según el fabricante.

Para el Cemento Portland Modificado Resinoso fue después de 7 días de haber realizado la mezcla del polvo del Cemento Portland y el líquido de resina poliéster cristal.

- a) **Título:** Los cementos Ionómeros de vidrio y el mineral trióxido agregado como materiales biocompatibles usados en la proximidad del periodonto

Autor: Doris Proaño de Casalino y Martha López Pinedo

Resumen: Los cementos ionómeros de vidrio (CIVs) fueron desarrollados a fines de la década del 60 y desde sus inicios se le han atribuido propiedades que le han valido ser considerados útiles en muchas ramas de la odontología, sobre todo en operatoria dental y sellador endodóntico entre otras por su biocompatibilidad discutida al haber sufrido agregados para su mejor manejo clínico (1-3). Desde la aparición del mineral trióxido agregado (MTA) se está tratando de demostrar cual es el mejor material a usarse cuando se pone en juego la capacidad celular de los fibroblastos y osteoblastos de poder sobrevivir y regenerar estructuras dentarias dañadas o perdidas.

El propósito de la revisión es brindar las bases para el entendimiento de la controversia y visualizar las bondades de ambos materiales cuando son colocados en estrecha relación con los tejidos periodontales.

4 Hipótesis

Si el Grado de Dureza Superficial de Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP) es mejor al Grado de Dureza Superficial de Cemento Resinoso Odontopediátrico Modificado (CROPm) es posible que este pueda cumplir mejor con los requisitos de dureza superficial de los materiales dentales.



CAPÍTULO

II

II. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

1. TÉCNICA, INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN

1.1 Técnica

Se utilizó la “Técnica de Observación Laboratorial comparativa” para recoger información de las variables del grado de dureza superficial del Cemento Resinoso Odontopediátrico.

VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Variable			
Grado de dureza Superficial del CROP	Grado de Dureza Superficial Rockwell	Observación Laboratorial	*Durómetro *Registro de Análisis Laboratorial
	Clasificación del grado de Dureza Superficial	Observación Laboratorial	*Durómetro *Registro de Análisis Laboratorial
Grado de Dureza Superficial del CROPm	Grado de Dureza Superficial Rockwell	Observación Laboratorial	*Durómetro *Registro de Análisis Laboratorial
	Clasificación del grado de Dureza Superficial	Observación Laboratorial	*Durómetro *Registro de Análisis Laboratorial

La técnica de observación se caracteriza básicamente porque los ítems concuerdan con las variables y por ende con los requerimientos de los objetivos e hipótesis.

1.2 Instrumentos

1.2.1 Instrumento Documental

Se utilizó un solo instrumento de tipo elaborado, Registro de Análisis Laboratorial.

REGISTRO DE ANÁLISIS LABORATORIAL

Grupo de Muestra:

Número de la Muestra:

Composición:

- Silicatos cálcicos : %
- Oxido de Calcio : %
- Resina: %
- Óxido de Zinc: %
- Dióxido de titanio: %
- Otros: %

Grado de Dureza Superficial Rockwell:

Clasificación del grado de dureza superficial Rockwell C:

- Muy bueno:
- Bueno:
- Regular:
- Malo:
- Muy malo:

Se realizó la ficha laboratorial de acuerdo a los ítems observados en siguiente cuadro:

VARIABLES		INDICADORES	ITEMS
Tipo de Variable	Variable		
Grado de dureza Superficial del CROP	Grado de Dureza Superficial Rockwell	1a	
	Clasificación del grado de Dureza Superficial	2a	
Grado de Dureza Superficial del CROPm (Norma DIN 53456)	Grado de Dureza Superficial Rockwell	1b	
	Clasificación del grado de Dureza Superficial	2b	

1.2.2 Instrumentos Mecánicos para la fabricación del Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP y CROPm)

- Espátulas
- Reglas milimetradas
- Platinas de Vidrio
- Probetas
- Balanzas
- Cámara fotográfica
- Etc.

1.2.3 Instrumentos Mecánicos para la medición del Cemento Resinoso Odontopediátrico

- Durómetro Universal INDENTEC 6187.5LK
- Computadora
- Probetas de estudio
- Camara fotográfica

1.2.3 Materiales para la fabricación del Cemento

Silicatos Cálcicos	30 – 50 gr
Resina Poliester	50 gr
Dióxido de Titanio	10 – 30 gr
Oxido de Calcio	1- 5gr
Peróxido de MEK	1.5 gr
Solución de Cobalto	0.5 gr

1.3 Procedimiento

1.3.1 Procedimiento para la fabricación del Cemento Resinoso Odontopediátrico

Para la fabricación del CROP estándar del CROP se utilizó vasos descartables en el cual se colocaba la resina junto con el cemento Portland y se mezclaba con una espátula manualmente hasta que este uniforme, se agregaba el Dióxido de Titanio y el Oxido de Zinc junto con el Acelerador (Peróxido de MEC) en una proporción de 1%. Y se continuo mezclando. Por último se agregó el Activador (Oxido de Cobalto) en una proporción del 1%. Y se mezcla sin batir para evitar las burbujas. Luego se coloca en las probetas previamente aisladas sobre platinas de vidrio.

El experimento se repitió 12 veces por cada grupo, trabajando 3 muestras iguales en cuatro sub grupos. Es decir 24 probetas. Excluyendo un grupo externo que se sometió a un medio acuoso.

1.3.2 Procedimiento para la medición del grado de Dureza Superficial

Una vez confeccionadas las probetas y clasificadas de acuerdo a sus grupos correspondientes, se procedió a medir su grado de dureza superficial de acuerdo a la norma estándar DIN 53456 para materiales semi duros, comúnmente utilizada en los materiales dentales actuales.

Se usó el durómetro del laboratorio de la UNSA, el cuál tomó cinco puntos al azar de cada muestra y recolectó un promedio, que luego se llevó a una matriz de Datos.

2. CAMPO DE VERIFICACIÓN

2.1 Ubicación Espacial

Se utilizó las instalaciones de los laboratorios de mecánica de la Universidad Católica de Santa María y de la Universidad Nacional de San Agustín, dependiendo del equipamiento necesario para la investigación.

2.2 Ubicación Temporal

La investigación empezó el mes de Abril del 2014, a partir de estudios previos con materiales semejantes, esperando un mejor resultado. Por lo cual es prospectiva y longitudinal, ya que los resultados se produjeron a partir de las pruebas realizadas.

2.3 Unidades de Estudio

Las muestras se dividieron en dos grupos de estudio, de acuerdo a los diferentes tipos de Cemento que se utilizaron en la prueba.

Grupo A: Conformado por las probetas confeccionadas con Cemento Portland Puro y se le aplicó la prueba de Dureza Superficial con el Durómetro Universal INDENTEC 6187.5LK

Grupo B: Conformadas por las probetas confeccionadas con Cemento Blanco y se le aplicó la prueba de Dureza Superficial con el Durómetro Universal INDENTEC 6187.5LK

- **Universo**

- **Universo Cualitativo**

Conformado por todas las probetas de CROP realizadas para las pruebas de laboratorio y sus respectivas fichas técnicas.

- **Universo Cuantitativo**

Se sugiere 5 muestras por cada variante en la composición del CROP. Por lo que se predice 30 muestras.

- **Formalización del Universo**

Al ser una tesis experimental el tipo y número de muestras aparecerán conforme se realizan las pruebas en laboratorio.

- **Muestra**

- **Criterio Estadístico**

Se trabajará:

Con un confiabilidad del 95%

Con un margen de error de ± 5

Con una probabilidad del 50 %

- **Tamaño**

El tamaño de la muestra es un total de 24 probetas.

Divididas en dos grupos :

Grupo A utilizando el Cemento Portland Puro

Grupo B utilizando el Cemento Blanco

○ **Tipo de Muestreo**

Se dividió las muestras de acuerdo a su composición y luego se sacó promedio del Grado de Dureza superficial proporcionado por el Durómetro.

○ **Criterio del Muestreo**

Se utilizar la Escala Rockwell C, para materiales semiduros. Utilizando de bases la norma DIN 53456

IV ESTRATEGIA INVESTIGATIVA

1. ESTRATEGIA DE RECOLECCIÓN

1.1. Organización

TIEMPO ACTIVIDADES	ABRIL			
	1 semana	2 semana	3 semana	4 semana
Contacto con el Decano (autorización)				
Verificación del universo y la muestra				
Formalización del Instrumento				
Validación del Instrumento				
Obtención de la autorización de del jefe de departamento de la facultad de Metalurgia de la UNAS				
Coordinar con el encargado de laboratorios para la toma de muestra del ensayo de Grado de Dureza Superficial				

1.2. Recursos

a) Recursos Humanos

Investigador, Ruelas Gutiérrez José Manuel

Asesor, Dr. Alberto Figueroa Banda

Colaboradores, Ing. Factor Muñoz

b) Recursos Físicos

Representados por la oficina de Secretaria del Decano de la Facultad de Odontología, La biblioteca de Ciencias de la Universidad Católica de Santa María y la Oficina de Laboratorios de Mecánica.

1.3. Recursos Económicos

El presupuesto será autofinanciado por el investigador

2. ESTRATEGIA PARA EL MANEJO DE LOS RESULTADOS

2.1. A nivel de Sistematización o Procesamiento

Se utilizó:

- a) Matrices de Tabulación
- b) Una matriz de Sistematización
- c) Cálculos Estadísticos
- d) Cuadros de Graficas Estadísticas Interpretativas

2.2. A nivel de estudio de datos

Se utilizó un análisis cuantitativo.

Considerada la naturaleza controlada del experimento; las diferencias entre el grado de dureza superficial , fueron atribuidas a la composición de cada material.

2.3. A nivel de Conclusiones

Se realizo conclusiones de acuerdo a la hipótesis, interrogantes y objetivos planteados en el trabajo de investigación.

V. CRONOGRAMA DE TRABAJO

TIEMPO ACTIVIDADES	MAYO			
	Primera Semana	Segunda Semana	Tercera Semana	Cuarta Semana
Creación del Marco Teórico				
Aprobación del Proyecto de Tesis				
Recolección de Datos				
Interpretación de Datos				
Elaboración del Informe Final				

CAPÍTULO

III

“Comparación del Grado de Dureza Superficial del Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP) y el Cemento Resinoso Odontopediátrico Modificado (CROPm), Arequipa 2014”

GRUPO EXPERIMENTAL A

Tabla N°1

Matriz de diseño y codificación del Cemento Resinoso Odontopediátrico

Grupo	Valores actuales		Valores codificados	
	A Cemento	B Dióxido de titanio	A	B
A1	Portland puro 50 gr	20 gr	-1	-1
A2	Portland puro 50 gr	50 gr	-1	+1
A3	Portland Tipo 1 50 gr	20 gr	+1	-1
A4	Portland Tipo 1 50 gr	50 gr	+1	+1

La Tabla N°1, determina proporciones del Cemento Portland Puro y Tipo 1 y diferencia la proporción del Dióxido de Titanio, el cual se usó como modificante de color, con el objetivo de definir si es un factor determinante en el grado de dureza superficial

Tabla N° 2

**Resultados obtenidos en el ensayo de Dureza Superficial del Cemento
Resinoso Odontopediátrico**

	Prueba #	A Cemento	B Dióxido de titanio	Dureza Rockwell					Promedio
A1	1	Portland puro 50 gr	20 gr	33,6	34,8	33,1	32,7	31,9	33,22
	2	Portland puro 50 gr	20 gr	33,3	35,8	36,9	32,8	36,3	35,02
	3	Portland puro 50 gr	20 gr	26,2	28,5	24,6	27,1	30,9	27,46
A2	4	Portland puro 50 gr	50 gr	33,5	33,5	35,5	31,7	30,6	32,96
	5	Portland puro 50 gr	50 gr	29,9	33,5	30,5	30,3	32,8	31,40
	6	Portland puro 50 gr	50 gr	29,1	31,1	35,4	34,5	36,3	33,28
A3	7	Portland ipo 1 50 gr	20 gr	41,6	38,7	41,0	41,0	39,4	40,34
	8	Portland tipo 1 50 gr	20 gr	42,6	40,8	41,3	43,0	42,2	41,98
	9	Portland tipo 1 50 gr	20 gr	44,5	40,2	39,6	41,7	41,9	41,58
A4	10	Portland tipo 1 50 gr	50 gr	30,1	29,1	28,0	30,6	30,1	29,58
	11	Portland tipo 1 50 gr	50 gr	34,9	37,7	38,5	35,8	35,4	36,46
	12	Portland tipo 1 50 gr	50 gr	41,7	41,2	40,1	41,3	43,1	41,48

En la tabla N°2 se registran los distintos resultados que se propuso anteriormente y se coloca el promedio correspondiente.

Tabla N° 3

Cuadro Resumen del análisis de Grado de Dureza Superficial del Cemento Resinoso Odontopediátrico

Efectos estimados para Ensayo de Dureza		
Efectos	Valor	Error
Promedio	35,3967	+/- 1,14642
A: Cemento	6,34667	+/- 2,29285
B: Dióxido de titanio	-2,40667	+/- 2,29285
AB	-3,05333	+/- 2,29285
Bloque	1,63667	+/- 3,24257
Bloque	1,10667	+/- 3,24257
	6 g.l.	

Esta tabla muestra cada uno de los efectos estimados e interacciones. También se muestra el error normal de cada uno de los efectos, el cual mide su error de muestreo

Observando el diagrama de Pareto podemos afirmar: La variable A, Cemento tiene la mayor influencia en nuestra investigación, la variable AB, que es la interacción de ambas variables tiene una mediana influencia y la interacción B Dióxido de Titanio tiene una influencia menor pero esta casi igual a la interacción AB. Además nos indica este diagrama la variable cemento puro y cemento portland tipo uno influye directamente en la dureza.

Gráfico N° 1

**Diagrama de Pareto para el ensayo de Dureza Superficial de Cemento
Resinoso Odontopediátrico**

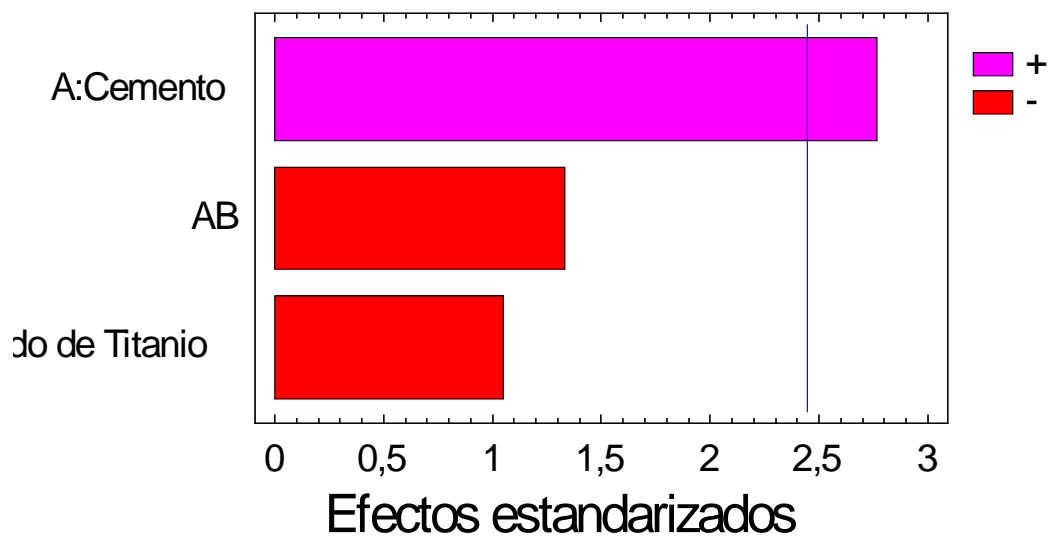
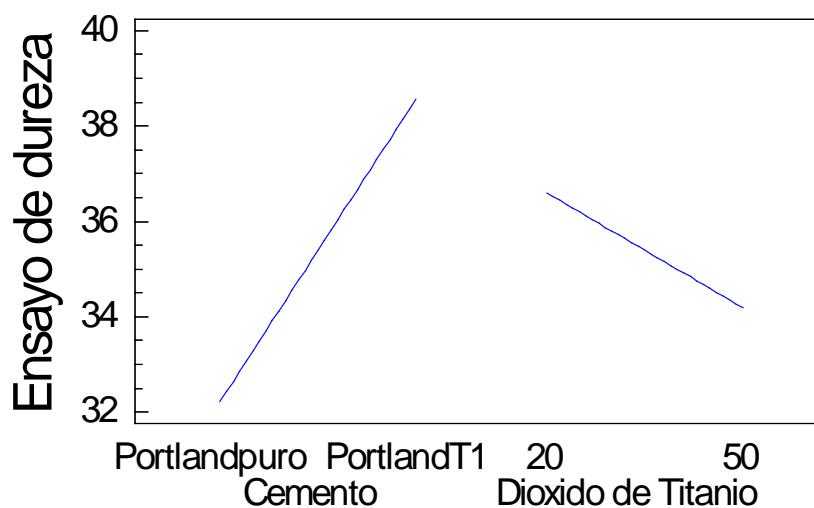


Gráfico N° 2

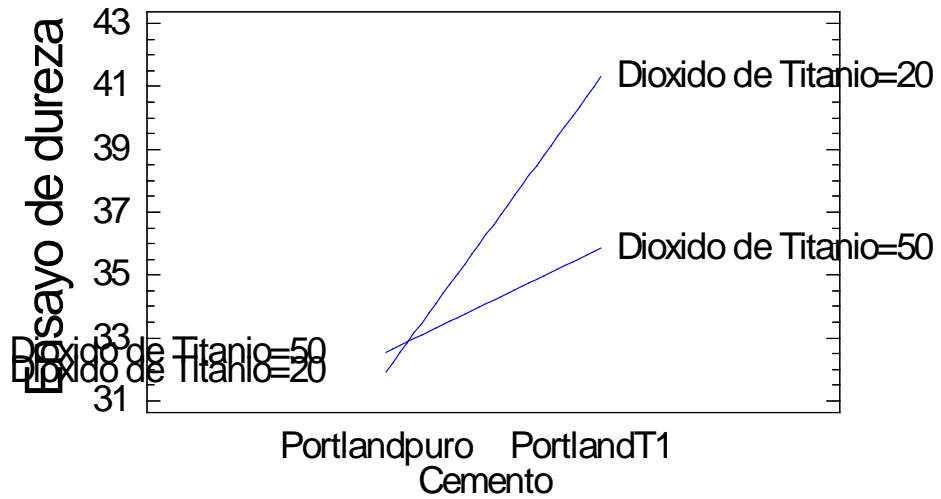
**Grafica de efectos principales para ensayo de Dureza Superficial del
Cemento Resino Odontopediátrico**



En este gráfico de efectos principales se puede observar el efecto de la variable cemento tiene una influencia directa en nuestra investigación por tener una pendiente positiva y el cemento portland tipo 1 tiene mayor influencia que el cemento puro (Clinker) ahora el dióxido de titanio tiene una mediana influencia y de influencia indirecta por tener una pendiente negativa a mas dióxido de titanio perderemos dureza.

Gráfico N° 3

Grafica de interacción para ensayo de Dureza



En esta gráfica se observa la interacción de ambas gráficas, destacamos el hecho de la interacción que existe entre los dos factores en estudio, en ambas graficas no existe paralelismo entre las rectas trazadas. Con esto se demuestra la influencia de todas las variables en estudio

Tabla N° 4

Análisis de la varianza para el Ensayo de Dureza Superficial de Cemento Resinoso Odontopediátrico

Análisis de la Varianza para Ensayo de Dureza Superficial					
Fuente	suma de cuadrados	g.l.	Cuadrado medio	F - Ratio	P - Valor
A: Cemento	120,841	1	120,841	7,66	0,0325
B: Dióxido de titanio	17,3761	1	17,3761	1,10	0,3343
AB	27,9685	1	27,9685	1,77	0,2313
bloques	11,4293	2	5,71463	0,36	0,7103
Error total	94,6286	6	15,7714		
Total (corr.)	272,243	11			

En este caso, vemos la variable cemento tienen los p-valores inferiores a 0,05, indicando que es significativamente importante además es diferente de cero al 95,0% de nivel de confianza, y los dos variables restantes son mayores a 0,05 por esta razón si importancia es muy poca, ahora observando F – Ratio se comprueba que el que tiene mayor valor es la variable Cemento por lo cual tiene mucho mayor importancia con respecto a las de más variables.

$$\text{Ensayo de Dureza} = 35,3967 + 3,17333 * \text{Cemento} - 1,20333 * \text{dióxido de titanio} - 1,52667 * \text{Cemento} * \text{dióxido de titanio}$$

Viendo la optimización del programa nos arroja un valor de 41,3 Rockwell como el valor optimo en este ensayo

GRUPO EXPERIMENTAL B

Tabla N°5

Matriz de diseño y codificación del Cemento Resinoso Odontopediátrico
Modificado

Grupo	Valores actuales		Valores codificados	
	A Cemento blanco	B Óxido de zinc	A	B
B1	20	0	-1	-1
B2	20	7	-1	+1
B3	50	0	+1	-1
B4	50	7	+1	+1

La Tabla N° 5, determina las proporciones del Cemento blanco y diferencia la proporción del Óxido de Zinc, que sirve como relleno y modificador del color, con el objetivo de definir si es un factor determinante en el grado de dureza superficial.

Tabla N° 6

**Resultados obtenidos en el ensayo de Dureza del Cemento Resinoso
Odontopediátrico Modificado**

Grupo	Prueba #	A Cemento blanco (gr)	B Óxido de zinc (gr)	Dureza Rockwell					Promedio
B1	1	20	0	5,3	8,3	8,2	4,9	5,8	6,50
	2	20	0	5,6	5,7	4,3	1,0	1,0	3,52
	3	20	0	15,5	12,2	11,3	10,4	13,9	12,66
B2	4	20	7	4,6	4,0	7,5	3,8	6,4	5,26
	5	20	7	15,7	13,8	12,0	12,9	14,7	13,82
	6	20	7	8,1	6,2	4,7	1,8	4,2	5,00
B3	7	50	0	23,4	24,1	19,3	20,3	22,7	21,96
	8	50	0	25,2	28,7	26,1	28,3	27,2	27,1
	9	50	0	25,4	24,6	20,1	27,5	20,5	23,62
B4	10	50	7	10,0	7,7	8,9	9,9	8,8	9,06
	11	50	7	24,3	23,0	24,6	23,6	22,3	23,56
	12	50	7	13,3	13,7	16,9	11,0	12,7	13,52

En la tabla N°6 se registran los distintos resultados que se propuso anteriormente y se coloca el promedio correspondiente.

Tabla Nº 7

Cuadro Resumen del análisis del Cemento Resinoso Odontopediátrico
Modificado

Efectos estimados para Ensayo de Dureza		
Efectos	Valor	Error
Promedio	13,7983	+/- 1,38617
A: Cemento blanco	12,01	+/- 2,77234
B: Óxido de zinc	-4,19	+/- 2,77234
AB	-4,65667	+/- 2,77234
bloque	6,40333	+/- 3,92068
bloque	-0,196667	+/- 3,92068
	6 g.l.	

Esta tabla muestra cada uno de los efectos estimados e interacciones. También se muestra el error normal de cada uno de los efectos, el cual mide su error de muestreo

Grafico N°4

Diagrama de Pareto para ensayo de dureza superficial del Cemento Resinoso Odontopediátrico Modificado

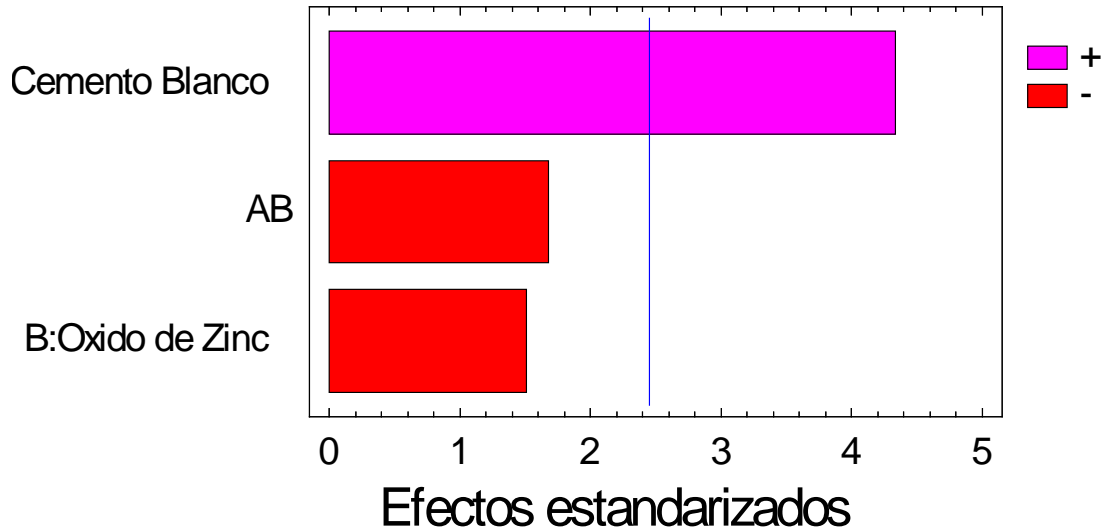


Grafico N° 5

Grafica de efectos principales para ensayo de dureza superficial del Cemento Resinoso Odontopediátrico Modificado

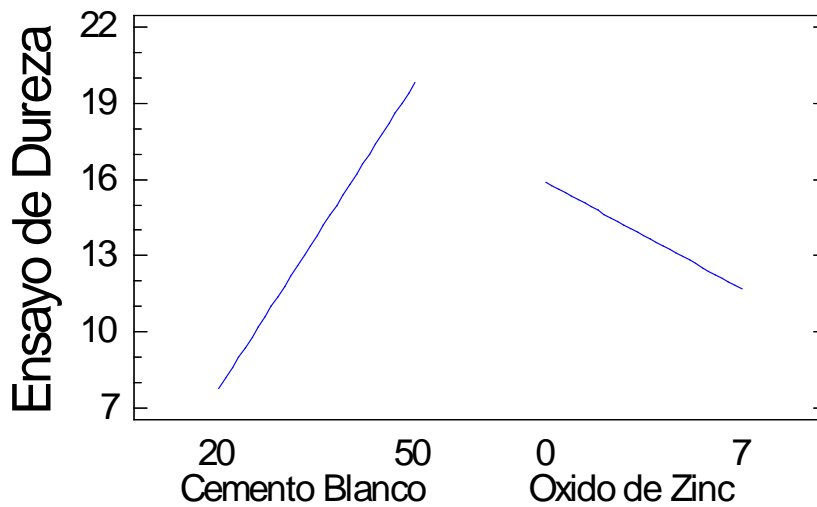


Gráfico N° 6

**Grafica de interacción para ensayo de Dureza Superficial del Cemento
Resinoso Odontopediátrico Modificado**

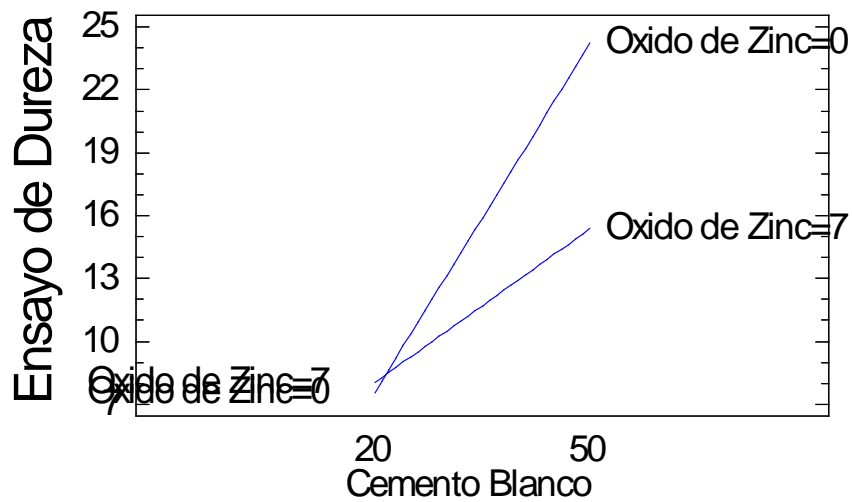


Tabla N° 8

Análisis de la varianza del Cemento Resinoso Odontopediátrico Modificado

Análisis de la Varianza					
Fuente	suma de cuadrados	g.l.	Cuadrado medio	F - Ratio	P - Valor
A: Cemento blanco	432,72	1	432,72	18,77	0,0049
B: Oxido de zinc	52,6683	1	52,6683	2,28	0,1814
AB	65,0536	1	65,0536	2,82	0,1440
Bloques	79,5641	2	39,782	1,73	0,2559
Error total	138,345	6	23,0575		
Total (corr.)	769,352	11			

Observando el Análisis de Varianza podemos afirmar: La variable A, Cemento tiene la mayor influencia en nuestra investigación, la variable AB, que es la interacción de ambas variables tiene una mediana influencia y la interacción B Dióxido de Titanio tiene una influencia menor pero esta casi igual a la interacción AB. Además nos indica este diagrama la variable cemento puro y cemento portland tipo uno influye directamente en la dureza.

Tabla Nª 9

Coefficiente de regresión para el ensayo de dureza superficial del Cemento Resinoso Odontopediátrico

Coefficiente de regresión para el ensayo de Dureza Superficial	
Constante	13,7983
A: Cemento blanco	6,005
B: Oxido de zinc	-2,095
AB	-2,32833

Ensayo de Dureza = $13,7983 + 6,005 \cdot \text{Cemento blanco} - 2,095 \cdot \text{óxido de zinc} - 2,32833 \cdot \text{Cemento blanco} \cdot \text{óxido de zinc}$

Viendo la optimización del programa nos arroja un valor de **24,2267 Rockwell** como el valor optimo en este ensayo

DISCUSIÓN:

El Cemento Resinoso Odontopediátrico, es un material experimental con capacidades todavía no estudiadas a profundidad, por lo cual tiene que continuar un estudio arduo para determinar sus efectos beneficiosos compararlos con otros materiales de igual composición

Se ha encontrado ventajas mecánicas importantes con respecto al Grado de Dureza Superficial, comparándolo con un material de uso semejante en Odontopediatria, como es el Ionómero de Restauración (Ketac Molar) que contiene 260 Mpa que llevado a la tabla Rockwell C se convierten en . 33 promedio. Es decir, el grado de Dureza superficial del CROP es mucho mejor que del Ionómero de Restauración Ketac Molar.

Además dentro de la variación en las proporciones del CROP, hemos podido deducir:

- La mezcla Cemento portland tipo 1 es el que tiene la mayor dureza en comparación del cemento puro (klinker) y el cemento blanco
- El dióxido de titanio tiene efecto negativo, pues al agregar más dióxido perdemos dureza
- El óxido de zinc casi no tiene mucha influencia en el valor de la dureza, si fuera necesario si se podría aumentar mas
- La mejor optimización seria 41.3 Rockwell como el valor optimo en este ensayo de dureza.
- Las variables en estudio influyen individualmente positivamente o negativamente, mientras la interacción de ambas casi no tiene mucha importancia, con esto podemos decir no existe una reacción química.
- El producto preparado termina siendo una mezcla.

CONCLUSIONES

- El Grado de Dureza Superficial del Cemento Resinoso Odontopediátrico tiene un valor óptimo de 41,3 Rockwell. Que comparado en la Escala Rockwell C de la Norma DIN 53456 para materiales dentales. Se clasifica como: Bueno.
- El Grado de Dureza Superficial del CROPm tiene un valor óptimo de 24,22 Rockwell. Que comparado en la Escala Rockwell C de la Norma DIN 53456 para materiales dentales. Se clasifica como: Malo. Aunque cabe mencionar que su grado de dureza puede mejorar variando la proporción de sus componentes, sin necesidad de modificar sus beneficios.
- El Grado de Dureza Superficial del CROP es mayor al Grado de Dureza Superficial del CROPm. Por esta razón, El Cemento Resinoso Odontopediátrico (CROP) es superior, como material restaurador permanente que el Cemento Resinoso Odontopediátrico Modificado (CROPm).

RECOMENDACIONES

PRIMERO: Comprobada la eficacia mecánica del CROP, se recomienda continuar con su investigación en otras áreas importantes como son las biológicas y químicas.

SEGUNDO: Se recomienda utilizar la información obtenida en este proyecto de investigación para mejorar la composición del CROP, combinando los efectos positivos en los grupos experimentales A y B.

TERCERO: Se recomienda compararlo con otros materiales dentales de obturación para definir sus ventajas y debilidades, respecto a su futura utilización en pacientes Odontopediátricos.

CUARTO: Una vez avanzado los estudios respecto al CROP, se recomienda elaborar un protocolo de utilización que facilite su introducción en el campo de Material Restauradores. Que detalle su uso, modo de aplicación, beneficios y precauciones que puedan existir.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- NOCCHI CONCEIÇÃO, Ewerton. Odontología Restauradora: Salud y Estética. 2da Edición
- VEGA DEL BARRIO, Jose Maria. Materiales Dentales: Fundamentos biológicos, clínicos, mecánicos y físicoquímicos
- CRAIG, Robert G. Materiales en Odontología Restauradora. Edit. Harcourt Brace, 10ma. Edición Madrid – España, 1998.
- GUZMAN, Humberto. Biomateriales odontológicos de uso clínico. Edit. ECOE Ediciones. Bogotá, 2003.
- HENOSTROZA H. Gilberto, Estética en odontología restauradora. Edit. Ripano. Madrid, 2006
- KETTERL W. Odontología conservadora. Ediciones Científicas y Técnicas, S. A., España 1994.
- MACCHI, Ricardo Luis, Materiales Dentales. Edit. Medica Panamericana. 4ta. Edición, Argentina 2007.
- MOUNT, GRAHAM J. Conservación y restauración de la estructura dental. Edit. Harcourt Brace, 10ma. Edición. España, 1999.
- Brook IM, Craig GT, Hatton PV, Jonck LM. Bone cell interactions with a granular glass-ionomer bone substitute material: in vivo and in vitro culture models. Biomaterials 1992
- Wucherpfennig AL, Green DB et al (1999), “Mineral Trioxide vs. Portland Cement: Two biocompatible filling materials”, J. Endodo Tufts School of Dental Medicine 25: 308.
- PHILLIPS. Ciencia de los Materiales Dentales, Undécima Edición,
- KETAC MOLAR: Perfil Técnico del Producto

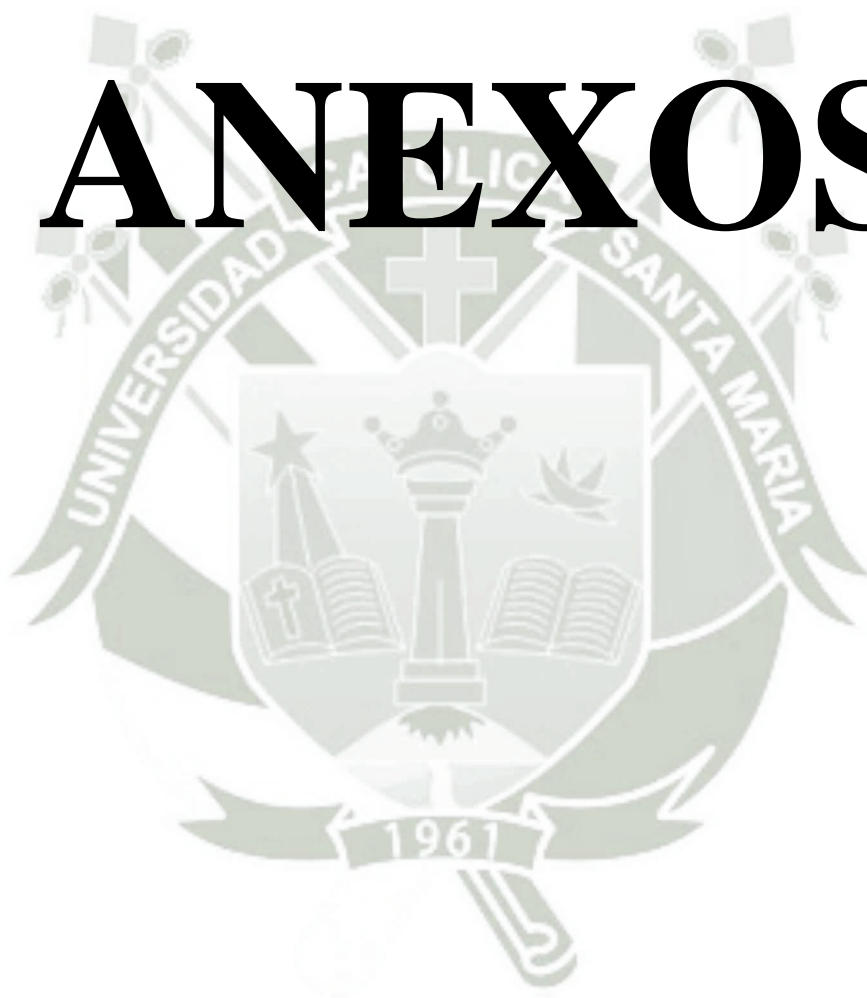
ANEXOS WEB

- Grau Grullón P., Portero P.P., Laufer-Neto J., Gomes O.M.M
Articulo Scielo: Polimerización de un cemento de composite a través de restauraciones de cerómero utilizando lámparas halógenas y LEDs
Link: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852008000400003&lang=pt
- Edson HILGERT1, Vanessa Zulema Ccahuana VÁSQUEZ.
Solubilidad y dureza superficial de cerámicas odontológicas después de ser expuestas a fluido gástrico artificial. Estudio in vitro
Link: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652007000200010&lang=pt
- Juliana Panazzolo RamosI; Alma Blásida Concepción Elizaur Benitez
Evaluación de la dureza superficial en amalgamas en función de tipos de aleaciones, momentos y tipos de pulimentos
Link: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14392003000300020&lang=pt
- Dra. Carmen Alvarez Quesada.
Análisis comparativo de la microdureza Rockwell superficial y Vickers en diferentes composites con esmalte y dentina natural
<http://www.dentsply.es/Noticias/clinica1704.htm>
- Gabriel Calle y Edison Henao : DUREZA ROCKWELL
<http://www.utp.edu.co/~gcalle/DUREZAROCKWELL.pdf>
- Material Property Data : DIN 53456
<http://www.matweb.com/reference/rockwell-hardness.aspx>
- Solutions 3M
Producto Ionomero de Restauración Ketac
- http://solutions.3m.com.pe/wps/portal/3M/es_PE/3MESPE_LA/dental-professionals/productos/productos-por-categoria/ionomeros-de-vidrio/ketac-molar-easymix/

- Cedillo J.1, Espinosa R. 2, Curiel R.. 2, Huerta A.3 Biodentine:
<http://www.rodyb.com/wp-content/uploads/2013/05/BIODENTINE-5-de-Abril-2013.pdf>
- Cybertesis:
Manrique Cordova, Yngrid
RESISTENCIA MECÁNICA A LA COMPRESIÓN DE LOS
MATERIALES CEMENTO PORTLAND MODIFICADO RESINOSO Y
EL IONÓMERO DE VIDRIO KETAC
- MOLARTM. AREQUIPA 2011.
http://cybertesis.ucsm.edu.pe/bibl_virt/tesis.php?href=at/2011/manrique_cy/html/index-frames.html&codtesis=64.2176.O
- Wikipedia:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Dureza>
<http://es.wikipedia.org/wiki/DIN>
http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_odontolog%C3%ADa



ANEXOS



Hardness Conversion

Steel hardness conversion table contains conversion factors for Rockwell, Vickers & Brinell. As a guide we show the theoretical conversion comparison of tonnes tensile in Newtons/mm² and MPa to steel hardness.

N/mm ² / MPa	Brinell HB	Tons per sq in	Vickers	Rockwell C
.	.	.	902	65
.	.	.	836	63
.	.	.	778	61
2033	601	132	715	59
1956	578	127	671	57
1879	555	122	633	56
1802	534	117	599	54
1725	514	112	572	52
1663	495	108	547	50
1617	477	105	523	49
1535	461	101	501	48
1509	444	98	479	47
1463	429	95	459	45
1417	415	92	441	44
1355	401	88	424	42
1309	388	85	409	41
1263	375	82	395	40
1232	363	80	382	39
1186	353	77	369	37
1155	341	75	356	36
1224	331	73	344	34
1093	321	71	332	33
1047	311	68	321	32
1016	302	66	310	31
986	293	64	299	30
970	285	63	290	29
939	277	61	282	27
909	269	59	274	26
893	262	58	267	25
862	255	56	260	24
847	248	55	253	22
816	241	53	246	21
785	235	51	240	20
770	229	50	234	19
755	223	49	228	18

739	217	48	222	97
693	212	46	217	97
678	207	45	212	96
662	201	44	206	95
647	197	43	202	94
631	192	42	197	93
616	187	41	192	92
601	183	40	188	91
585	179	39	184	90
585	174	38	179	89
570	170	38	175	87
560	167	37	172	86
554	163	36	168	85
554	159	36	164	84
539	156	35	161	83
524	152	35	157	82
508	149	34	154	81
508	145	33	151	80
493	143	33	148	79
493	140	32	145	78
477	137	32	142	78
462	134	31	139	77
462	131	30	136	75
447	128	30	133	73
447	126	29	131	72
431	123	28	128	70
431	121	28	126	69
416	118	27	123	67
416	116	27	121	66
400	114	26	119	64
385	111	25	116	63

Ensayos Rockwell

En los ensayos de dureza Rockwell, las unidades de dureza se establecen por la medida de la profundidad, e, de la huella de acuerdo con el modelo:

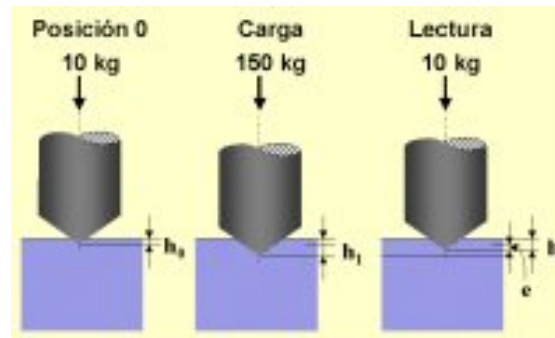
$$HR = A - e \text{ (mm)/}0.002 \quad (2.10)$$

El ensayo es aplicable a todo tipo de materiales metálicos:

- a) **Blandos.** Se utiliza como penetrador una bola de acero templado, similar al del ensayo Brinell, con diámetros de bola y cargas normalizados para cada tipo de ensayos.g
- b) **Duros.** Se utiliza como penetrador un cono de diamante de 120° de ángulo de vértice redondeado en la punta. Se usan cargas normalizadas de 60, 100 y 150 kilogramos.
- c) **Pequeños espesores en materiales blandos o duros.** Es el caso de flejes, chapas delgadas o también sobre capas endurecidas, cementadas o nitruradas. En este supuesto se usa la modalidad de pequeñas cargas especificadas en la norma, 3 kilogramos de precarga y 15, 30 o 45 kilogramos de carga. Se conoce este tipo de ensayos como Rockwell superficial.

La denominación de la dureza Rockwell ensayada es por escalas, de A a L, que identifica la precarga, carga y tipo de penetrador, según se especifica en la tabla siguiente.

ESCALA	CARGA (kg)	PENETRADOR	MATERIALES TIPICOS PROBADOS
A	60	Cono de diamante	Materiales duros en extremo, carburos de wolframio, etc.
B	100	Bola de 1/16"	Materiales de dureza media, aceros al carbono bajos y medios, latón, bronce, etc
C	150	Cono de diamante	Aceros endurecidos, aleaciones endurecidas y revenidas.
D	100	Cono de diamante	Acero superficialmente cementado.
E	100	Bola de 1/8"	Hierro fundido, aleaciones de aluminio y magnesio.
F	60	Bola de 1/16"	Bronce y cobre recocidos.
G	150	Bola de 1/16"	Cobre al berilio, bronce fosforoso, etc.
H	60	Bola de 1/8"	Placa de aluminio.
K	150	Bola de 1/8"	Hierro fundido, aleaciones de aluminio.
L	60	Bola de 1/4"	Plásticos y metales suaves, como el plomo.



Secuencia de cargas, F , y profundidades en el ensayo Rockwell.

Con el objeto de obtener ensayos reproducibles, la máquina obtiene el valor "e", por incrementos de las cargas aplicadas de acuerdo con la secuencia siguiente:

- 1 - Aplicación de una carga previa, $F_0 = 10$ kg. Esta sirve para tomar una referencia h_0 , independiente del estado superficial.
- 2 - Aplicación de la sobrecarga de ensayo, F_1 , con lo que se alcanza h_1 .
- 3 - Eliminación de la sobrecarga F_1 , con lo que se recupera la deformación elástica y se conserva la remanente. La profundidad alcanzada es h .
- 4 - La profundidad de la huella viene definida por:

$$e = h - h_0$$



COMACSA
Cía Minera
AGREGADOS CALCAREOS S.A.

Código VNT-HT-001
Versión 03
Vigencia hasta ENE-2010
Página 1 de 1

HOJA TECNICA
Cemento Blanco Huascarán
Portland Tipo I

ANALISIS QUIMICO

Espectrómetro de rayos X (ARL – Base Seca)

	Típico
SiO ₂	24.25 %
TiO ₂	0.05 %
Al ₂ O ₃	2.94 %
Fe ₂ O ₃	0.12 %
Cr ₂ O ₃	0.00 %
CaO	67.20 %
MgO	0.99 %
MnO	0.00 %
SO ₃	1.84 %
P ₂ O ₅	0.00 %
Na ₂ O	0.02 %
K ₂ O	0.16 %
PxC	2.42 %
TOTAL	100.00 %

COMPUESTOS

C ₃ S	50.42 %
C ₂ S	30.36 %
C ₃ A	7.59 %
C ₄ AF	0.37 %
Insolubles	0.40 %

Requisitos

(*) NTP 334.009 y ASTM C-150

MgO	6.00 %	Máximo
SO ₃	3.00 %	Máximo C ₃ A ≤ 8.0
	3.50 %	Máximo C ₃ A > 8.0
PxC	3.00 %	Máximo
Insolubles	0.75 %	Máximo

PROPIEDADES FISICAS

	Método de Ensayo	Típico	Rango	Requisitos (*)	Unidad
Blaine	LAB-IN-021	4028	3884 a 4311	Mínimo 2800	cm ² /g
Photovolt	LAB-IN-013	82.7	81.8 a 83.4		%
Fraguado inicial (Vicat)	LAB-IN-022	79'	56' a 105'	Mínimo 45	Minutos
				Máximo 375	Minutos
Expansión (E.V.)	LAB-IN-024	0.29	0.00 a 0.80	Máximo 0.80	%
Resistencias	LAB-IN-023				
3 días		219	180 a 251	Mínimo 122	kg/cm ²
7 días		293	260 a 323	Mínimo 194	kg/cm ²
28 días		472	422 a 527	Mínimo (opcional) 285	kg/cm ²

Prohibido reproducir sin autorización del CSGC de Cia. Minera Agregados Calcáreos S.A.

JR. ACOMAYO 199 LIMA - APARTADO 3942 - PERU TELF.: (511) 425-1595 - FAX: (511) 433-6411
AV. UNIVERSITARIA 6330 - LOS OLIVOS TELF.: (511) 528-1100 FAX: (511) 528-1106
E-mail : comacsa@comacsa.com.pe
<http://www.comacsa.com.pe>

g

FOTOGRAFÍAS



