



Pruebas de microdureza de tres materiales de resina compuesta

Materiales Casa comercial New Stetic

Director de Investigación y gestión tecnológica: Henry Rodríguez Quiroz

Pruebas Laboratorio de materiales y ciencias básicas (LIMACIB)

Facultad de Odontología

Universidad Nacional de Colombia

Coordinadora LIMACIB: Paula Alejandra Baldión Elorza

Descripción de la prueba

Método de prueba de dureza Vickers

- El material de prueba se indenta con un penetrador de diamante, en forma de una pirámide con una base cuadrada y un ángulo de 136° entre las caras opuestas sometidas a una fuerza de prueba de entre 1 gf y 100 kgf.
- La carga completa se aplica normalmente durante 10 a 15 s. Las dos diagonales de la indentación que quedan en la superficie del material después de la remoción de la carga se mide con el uso de un microscopio y automáticamente su promedio es calculado.
- La dureza de Vickers se obtiene al dividir la carga por el área cuadrada de la indentación. Se deben reportar los resultados en términos del número de dureza Vickers junto con la carga aplicada en la prueba y el tiempo de permanencia.

Materiales y métodos

- Se prepararon 15 muestras de cada uno de los materiales colocando la resina compuesta en un molde de acero inoxidable (\varnothing 4 mm x h 2 mm), que se encontraba posicionado sobre una loseta de vidrio cubierta con papel de acetato. Después de llenar el molde con el material de resina, se cubrió la parte superior de la muestra con una tira de matriz de poliéster. El último incremento se presionó con un portaobjetos de vidrio contra la película de poliéster superior para extruir el exceso de resina compuesta y formar una superficie plana.
- La punta de la lámpara de fotocurado Bluephase (Ivoclar Vivadent, AG Schaan, Liechtenstein) a 800 mW/cm^2 se colocó contra la superficie de la tira de matriz concéntricamente con el molde; y posteriormente, el material se fotopolimerizó durante 20 segundos, siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Todas las muestras fueron pulidas en húmedo con una máquina pulidora (MetaServ 250, Buehler Co, IL, EE. UU.) con una serie de papeles de carburo de silicio (SiC) de grano P320, P500, P1200, P2400 y P4000 (Buehler Co, Illinois, EE. UU.) Posteriormente, se hizo un pulido con pasta diamantada de $0.25 \mu\text{m}$ bajo refrigeración con agua (Meta Di Supreme, Buehler Co, IL, EE. UU.) y se procedió a limpiar en baño ultrasónico (Ultrasonic Cleaning System, L&R Co, NJ, EE. UU.) con agua destilada durante 5 minutos.
- Las muestras se almacenaron en el Hygrobath (Whip Mix, Louisville, KY, EE. UU.) al 100% de humedad antes de la prueba de dureza Vickers durante 24 horas a 37°C .

Muestras de los tres materiales de resina compuesta



Material 1: Zafira (New Stetic)

Material 2: Empress Direct (Ivoclar)

Material 3: Z250 (3M)

Materiales y métodos

- La dureza Vickers (VK) de la superficie se determinó con un indentador de microdureza (Durímetro Indenta Met, modelo 1104; serial 674MIT 1104-00124 (Buehler Ltda, Chicago, Illinois) utilizando el indentador de diamante Vickers y una carga de 200 g aplicada durante 10 segundos.
- Se registraron tres lecturas por cada muestra; y las mediciones se realizaron en un patrón triangular respetando la distancia entre indentación e indentación.
- Para una muestra dada, los tres valores de dureza para cada superficie se promediaron y se reportan como un solo valor. La dureza Vickers media y la relación de dureza del material se calculó tomando en cuenta el promedio de los valores obtenidos para las 15 muestras.

Ilie N, Hilton TJ, Heintze SD, Hickel R, Watts DC, Silikas N, Stansbury JW, Cadenaro M, Ferracane JL. Academy of Dental Materials guidance—Resin composites: Part I—Mechanical properties. *Dental materials* 2017; 33: 880–894.

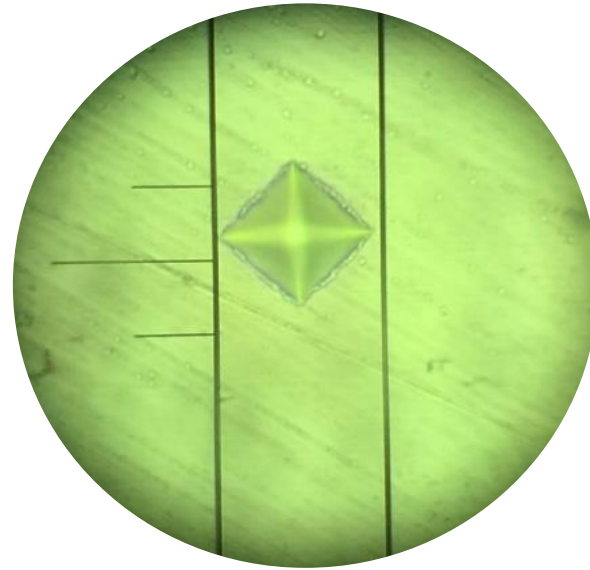
ISO/CD6507-1. Metallic materials—Vickers hardness test—part 1: test method; 2006.

ISO14577-1:2015. Metallic materials—instrumented indentation test for hardness and materials parameters—part 1: test method; 2015.



Durímetro Indenta Met, modelo 1104; serial 674MIT 1104-00124 (Buehler Ltda, Chicago, Illinois), el cual consta de una pirámide penetra el material por medio de una carga definida en un tiempo determinado

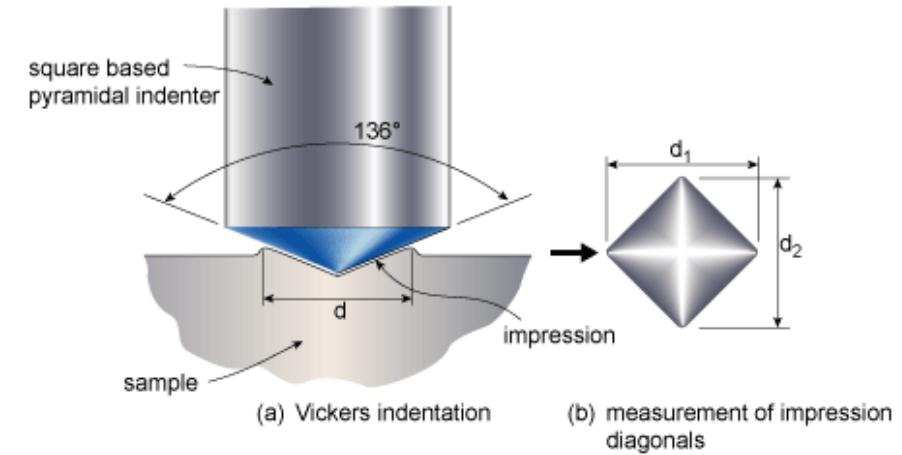
200 g x 10 segundos



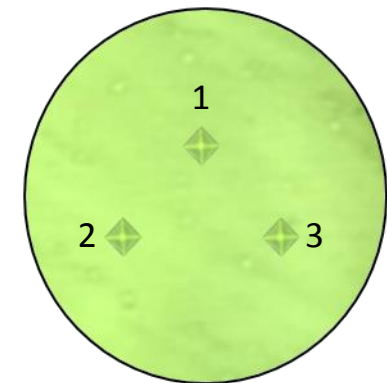
Medición de las diagonales de la indentación de la punta Vickers

La longitud de la indentación es inversamente proporcional al número de dureza Vickers (VHN)

3 indentaciones por muestra



Los resultados van en esta unidad: VHN (Número de dureza Vickers)



Resultados

Material 1

| 200 / 10s | Indentación 1 | Indentación 2 | Indentación 3 | Promedio/muestra |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| Muestra 1 | 89.6 | 100.7 | 101.2 | 97.17 |
| Muestra 2 | 91.5 | 111.4 | 88.3 | 97.07 |
| Muestra 3 | 95.7 | 99.7 | 98.4 | 97.93 |
| Muestra 4 | 91.0 | 96.3 | 91.4 | 92.90 |
| Muestra 5 | 91.5 | 103.1 | 93.0 | 95.87 |
| Muestra 6 | 90.0 | 106.9 | 98.2 | 98.37 |
| Muestra 7 | 95.6 | 123.1 | 130.6 | 116.43 |
| Muestra 8 | 89.6 | 97.8 | 116.4 | 101.27 |
| Muestra 9 | 106.2 | 105.3 | 104.3 | 105.27 |
| Muestra 10 | 109.6 | 105.4 | 106.6 | 107.20 |
| Muestra 11 | 98.5 | 104.2 | 107.6 | 103.43 |
| Muestra 12 | 114.6 | 101.0 | 106.7 | 107.43 |
| Muestra 13 | 95.9 | 108.9 | 132.2 | 112.33 |
| Muestra 14 | 117.4 | 98.5 | 98.2 | 104.70 |
| Muestra 15 | 107.5 | 119.1 | 124.9 | 117.17 |
| Promedio | | | | 103.64 |
| Desviación estándar | | | | 7.46 |

Resultados

Material 2

| 200 / 10s | Indentación 1 | Indentación 2 | Indentación 3 | Promedio/muestra |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| Muestra 1 | 78.1 | 79.9 | 63.5 | 73.83 |
| Muestra 2 | 63.4 | 57.5 | 63.9 | 61.60 |
| Muestra 3 | 65.4 | 62.2 | 68.4 | 65.33 |
| Muestra 4 | 68.1 | 63.6 | 64.6 | 65.43 |
| Muestra 5 | 65.8 | 60.8 | 59.7 | 62.10 |
| Muestra 6 | 63.5 | 69.7 | 72.3 | 68.50 |
| Muestra 7 | 68.5 | 68.5 | 70.3 | 69.10 |
| Muestra 8 | 74.2 | 85.3 | 79.5 | 79.67 |
| Muestra 9 | 61.0 | 67.2 | 61.4 | 63.20 |
| Muestra 10 | 83.5 | 80.9 | 96.3 | 86.90 |
| Muestra 11 | 99.2 | 99.2 | 76.3 | 91.57 |
| Muestra 12 | 70.0 | 94.9 | 97.4 | 87.43 |
| Muestra 13 | 84.9 | 74.7 | 77.2 | 78.93 |
| Muestra 14 | 86.1 | 75.0 | 74.4 | 78.50 |
| Muestra 15 | 70.1 | 66.2 | 63.5 | 66.60 |
| Promedio | | | | 73.25 |
| Desviación estándar | | | | 9.98 |

Resultados

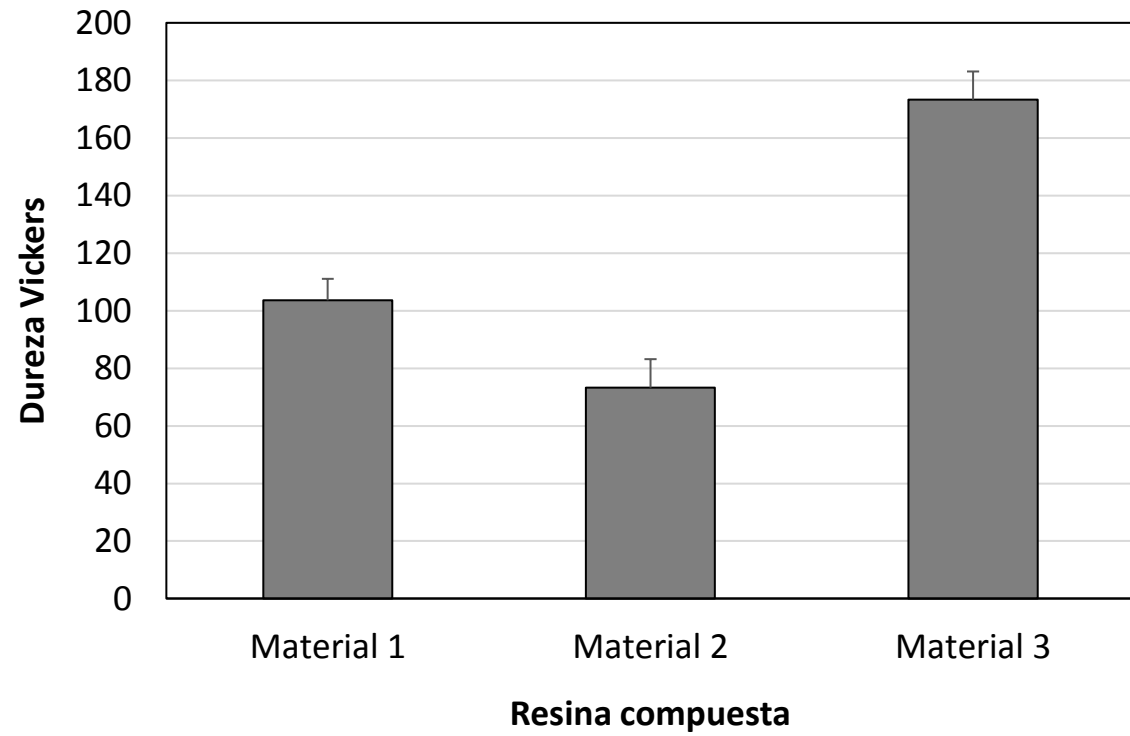
Material 3

| 200 / 10s | Indentación 1 | Indentación 2 | Indentación 3 | Promedio/muestra |
|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|
| Muestra 1 | 163.2 | 192.9 | 161.4 | 172.50 |
| Muestra 2 | 154.5 | 147.8 | 188.1 | 163.47 |
| Muestra 3 | 179.7 | 190.7 | 188.5 | 186.30 |
| Muestra 4 | 215.3 | 177.6 | 172.6 | 188.50 |
| Muestra 5 | 194.7 | 163.0 | 167.8 | 175.17 |
| Muestra 6 | 162.0 | 156.6 | 167.8 | 162.13 |
| Muestra 7 | 151.1 | 189.0 | 182.7 | 174.27 |
| Muestra 8 | 199.7 | 201.1 | 166.5 | 189.10 |
| Muestra 9 | 182.4 | 184.4 | 172.3 | 179.70 |
| Muestra 10 | 161.5 | 164.0 | 174.9 | 166.80 |
| Muestra 11 | 160.8 | 162.9 | 159.6 | 161.10 |
| Muestra 12 | 166.6 | 165.4 | 157.3 | 163.10 |
| Muestra 13 | 186.0 | 185.6 | 170.1 | 180.57 |
| Muestra 14 | 161.7 | 166.1 | 166.4 | 164.73 |
| Muestra 15 | 167.5 | 168.7 | 183.6 | 173.27 |
| Promedio | | | | 173.38 |
| Desviación estándar | | | | 9.78 |

Resultados

Resultados de dureza Vickers de tres materiales de resina compuesta.

| Resina Compuesta | Promedio de microdureza Vickers | Desviación estándar |
|------------------|---------------------------------|---------------------|
| Material 1 | 103.64 | ± 7.4 |
| Material 2 | 73.25 | ± 9.9 |
| Material 3 | 173.38 | ± 9.7 |





Pruebas de resistencia compresiva de tres materiales de resina compuesta

Materiales Casa comercial New Stetic

Director de Investigación y gestión tecnológica: Henry Rodríguez Quiroz

Pruebas Laboratorio de materiales y ciencias básicas (LIMACIB)

Facultad de Odontología

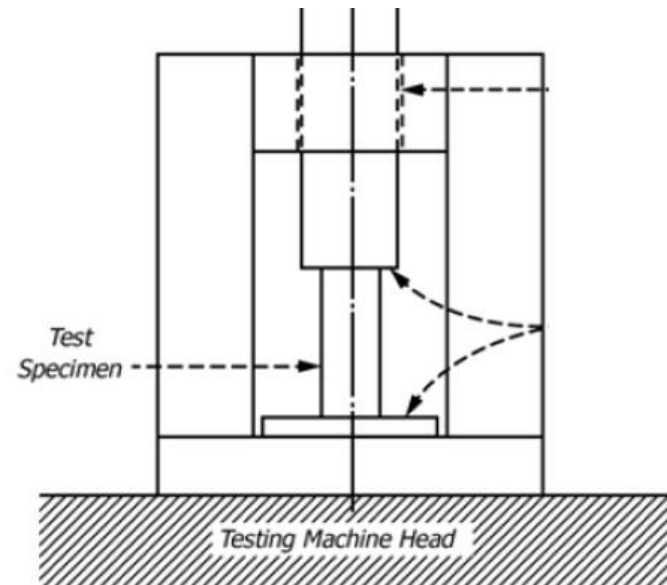
Universidad Nacional de Colombia

Coordinadora LIMACIB: Paula Alejandra Baldión Elorza

Descripción de la prueba

Método de prueba de resistencia compresiva

- En la prueba de compresión se aplica una fuerza axial a una tasa de deformación constante a una muestra cilíndrica, cuya longitud es el doble de su diámetro, lo que establece tensiones de tracción y cortante dentro del material que causan fallas.



Materiales y métodos

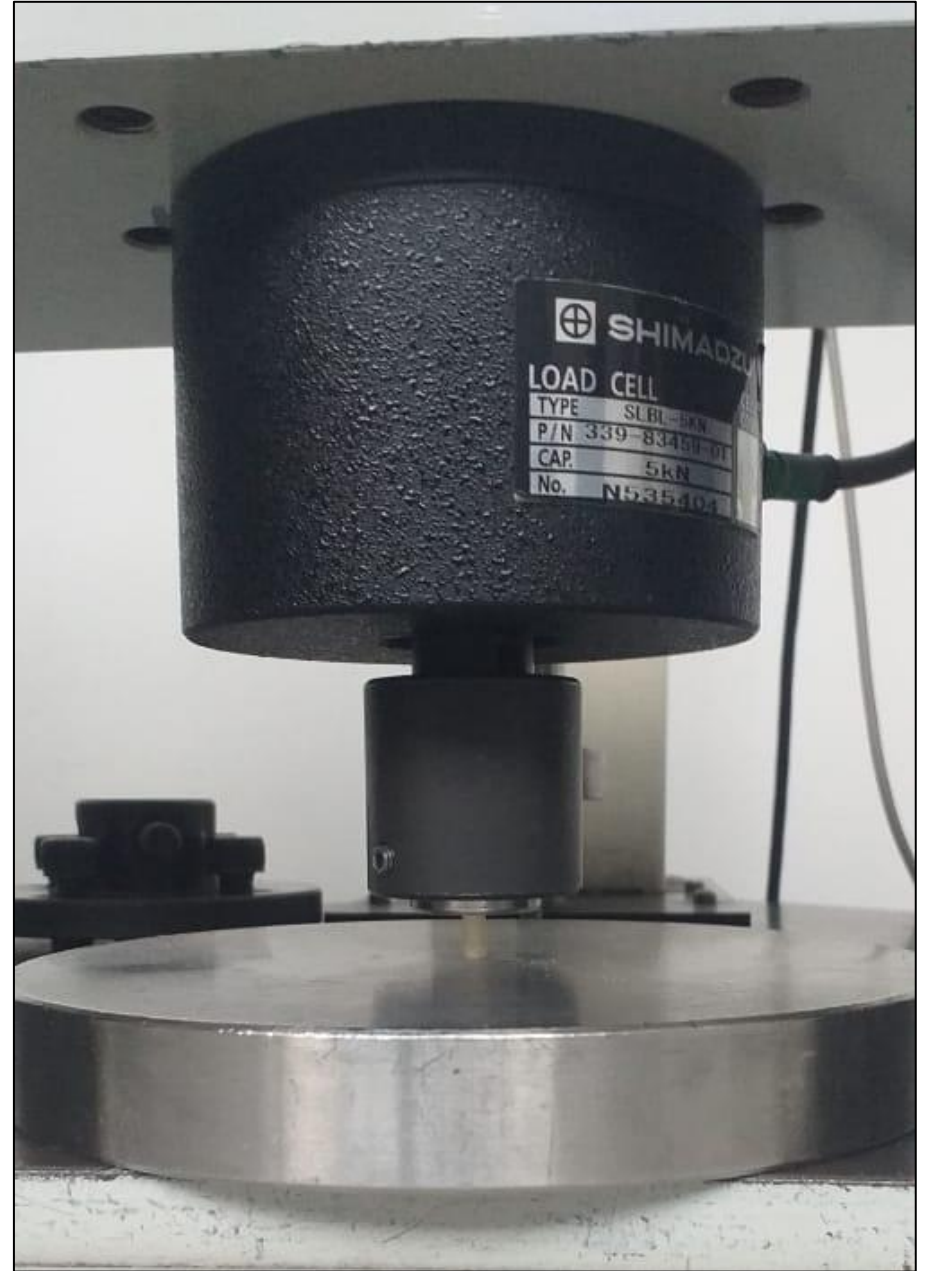
- De cada material, se realizaron 15 muestras cilíndricas utilizando moldes de plástico, de 8 mm de altura x 4 mm de diámetro, de acuerdo con la metodología planteada en estudios previos reportados en la literatura científica (ver referencias en la dispositiva siguiente) y algunas recomendaciones de la norma ASTM D695.
- El material se colocó en moldes mediante técnica de estratificación, en capas no mayores a 2 mm y cada capa se fotopolimerizó durante 20 segundos. Para proporcionar una superficie perfectamente plana de la primera y última capa, se procedió a la polimerización a través de una tira de Mylar transparente colocada sobre una placa de vidrio. Para asegurar la polimerización completa del material se utilizó una lámpara de fotocurado Bluephase (Ivoclar Vivadent, AG Schaan, Liechtenstein) con una potencia de 800 mW/cm².
- Para el análisis cuantitativo del comportamiento de compresión de los tres materiales compuestos, las muestras se sometieron a la prueba 24 horas después de su confección, tiempo en el que fueron almacenadas en el Hygrobath (Whip Mix, Louisville, KY, EE. UU.) al 95% de humedad a 37°C.
- Usando la máquina de prueba universal Shimadzu AG-IS 5kN (Shimadzu, Tokio, Japón) cada muestra se sometió a una fuerza de compresión en dirección axial al eje mayor de la muestra a una velocidad de desplazamiento de 0,5 mm/min. Se registraron las curvas de fuerza aplicada (N) - deformación absoluta (mm) para las 15 muestras de cada material y se calculó la resistencia máxima a la compresión, la deformación y el módulo elástico.

Referencias metodología resistencia compresiva

- Banava S, Salehyar S. In vitro comparative study of compressive strength of different types of composite resins in different periods of time. Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences Winter 2008; 4(1): 69-74.
- Galvao MR, Caldas SG, Calabrez-Filho S, Campos EA, Bagnato VS, Rastelli ANS, Andrade MF. Compressive strength of dental composites photo-activated with different light tips. Laser Phys. 2013; 23: 045604 (5pp).
- Martins Silva C, Hostilio Cervantes Dias KR. Compressive strength of esthetic restorative materials polymerized with quartz-tungsten-halogen light and blue LED. Braz. Dent. J. 2009; 20 (1).
- Brandão L, Adabo GL, Vaz LG, Cury Saad JR. Compressive strength and compressive fatigue limit of conventional and high viscosity posterior resin composites. Braz. Oral Res. 2005; 19 (4).
- ASTM D695 – 15. Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics.



ASTM



Resultados

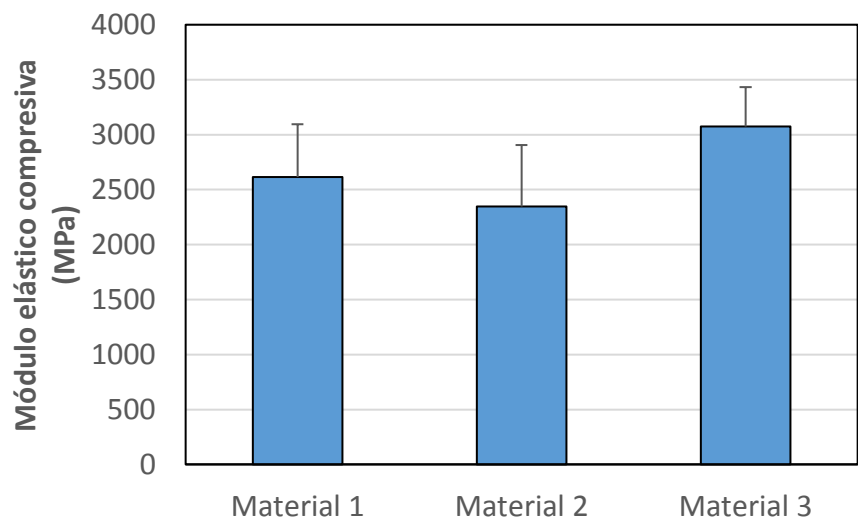
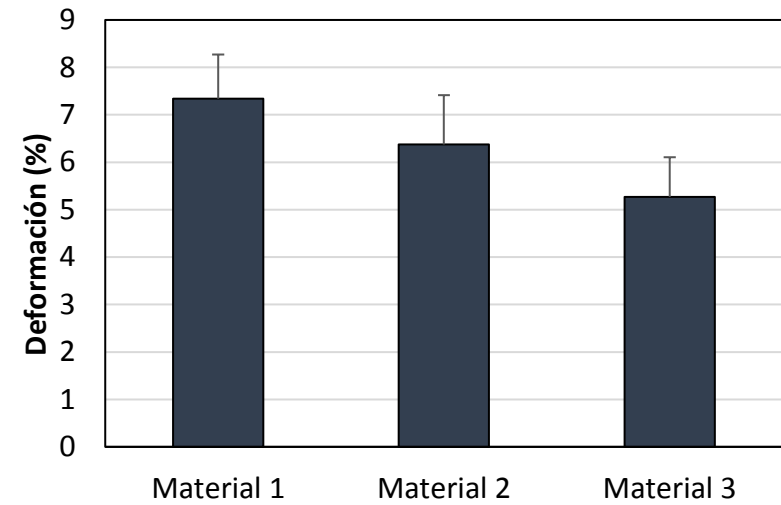
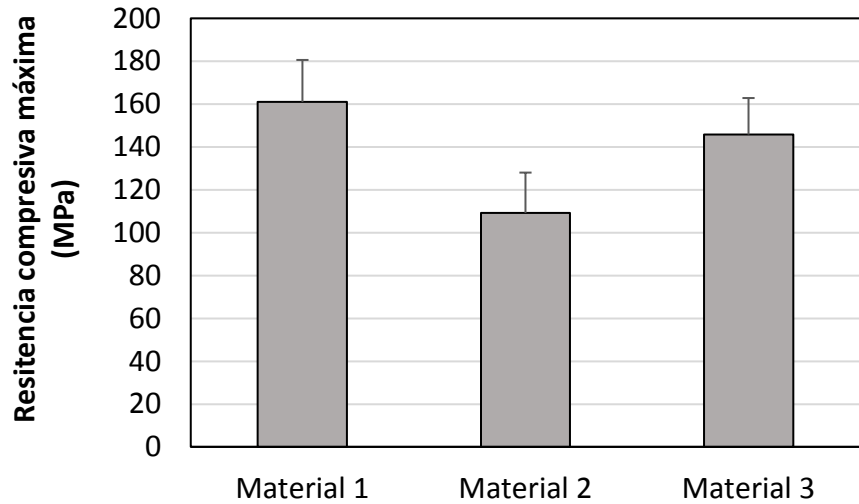
| Units | Resistencia (MPa) | Deformación (%) | Módulo elástico (MPa) |
|-------------|-------------------|-----------------|-----------------------|
| 1 - 1 | 150.50 | 6.39 | 2529.82 |
| 1 - 2 | 147.08 | 9.00 | 1631.61 |
| 1 - 3 | 198.21 | 8.81 | 2959.81 |
| 1 - 4 | 158.25 | 7.45 | 2670.49 |
| 1 - 5 | 143.30 | 6.80 | 2537.13 |
| 1 - 6 | 154.17 | 6.75 | 2579.12 |
| 1 - 7 | 200.26 | 8.85 | 3738.37 |
| 1 - 8 | 149.29 | 6.90 | 2596.03 |
| 1 - 9 | 143.00 | 6.36 | 2438.37 |
| 1 - 10 | 193.20 | 6.55 | 2306.26 |
| 1 - 11 | 153.05 | 6.40 | 2266.73 |
| 1 - 12 | 150.56 | 7.50 | 2243.92 |
| 1 - 13 | 158.57 | 7.10 | 2948.22 |
| 1 - 14 | 163.21 | 8.10 | 3222.54 |
| 1 - 15 | 153.41 | 7.10 | 2537.98 |
| Mean | 161.07 | 7.34 | 2613.76 |
| DE | 19.52 | 0.93 | 480.89 |

| Units | Resistencia (MPa) | Deformación (%) | Módulo elástico (MPa) |
|-------------|-------------------|-----------------|-----------------------|
| 2 - 1 | 96.16 | 9.80 | 2150.68 |
| 2 - 2 | 119.30 | 7.40 | 1912.87 |
| 2 - 3 | 97.74 | 7.56 | 1266.5 |
| 2 - 4 | 89.71 | 5.36 | 2800.7 |
| 2 - 5 | 132.02 | 7.29 | 2921.97 |
| 2 - 6 | 96.53 | 4.74 | 2648.4 |
| 2 - 7 | 89.43 | 4.05 | 2530.88 |
| 2 - 8 | 133.59 | 7.96 | 2235.73 |
| 2 - 9 | 94.13 | 5.33 | 2592.27 |
| 2 - 10 | 120.90 | 5.29 | 2842.72 |
| 2 - 11 | 96.52 | 4.18 | 1211.5 |
| 2 - 12 | 140.20 | 8.78 | 2793.84 |
| 2 - 13 | 133.31 | 6.98 | 2973.78 |
| 2 - 14 | 88.22 | 4.05 | 2350.65 |
| 2 - 15 | 109.78 | 6.90 | 1961.7 |
| Mean | 109.17 | 6.38 | 2346.28 |
| DE | 18.82 | 1.80 | 560.8791813 |

| Units | Resistencia (MPa) | Deformación (%) | Módulo elástico (MPa) |
|-------------|-------------------|-----------------|-----------------------|
| 3 - 1 | 125.70 | 6.41 | 2594.98 |
| 3 - 2 | 147.53 | 6.46 | 3036.7 |
| 3 - 3 | 145.71 | 6.04 | 3431.86 |
| 3 - 4 | 153.26 | 4.56 | 3884.77 |
| 3 - 5 | 149.57 | 5.45 | 3214.65 |
| 3 - 6 | 143.95 | 4.50 | 3278.61 |
| 3 - 7 | 128.48 | 3.99 | 2903.1 |
| 3 - 8 | 184.68 | 6.39 | 3329.43 |
| 3 - 9 | 168.69 | 5.83 | 3267.59 |
| 3 - 10 | 114.67 | 4.13 | 3046.4 |
| 3 - 11 | 143.85 | 4.56 | 3227.2 |
| 3 - 12 | 135.16 | 5.25 | 2603.41 |
| 3 - 13 | 138.34 | 5.36 | 2685.31 |
| 3 - 14 | 149.33 | 5.43 | 2688.76 |
| 3 - 15 | 157.53 | 4.67 | 2948.62 |
| Mean | 145.76 | 5.27 | 3076.09 |
| DE | 17.13 | 0.84 | 355.64 |

Resultados

Resultados de resistencia compresiva y módulo elástico de tres materiales de resina compuesta.





Pruebas de resistencia tensil de tres materiales de resina compuesta

Materiales Casa comercial New Stetic

Director de Investigación y gestión tecnológica: Henry Rodríguez Quiroz

Pruebas Laboratorio de materiales y ciencias básicas (LIMACIB)

Facultad de Odontología

Universidad Nacional de Colombia

Coordinadora LIMACIB: Paula Alejandra Baldión Elorza

Descripción de la prueba

Método de prueba de resistencia tensil última uniaxial

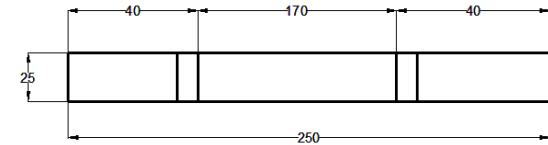
La resistencia a la tensión o tracción indica el máximo esfuerzo que el material puede resistir antes de su rotura por estiramiento desde ambos extremos de la muestra.

El ensayo de tracción de un material consiste en someter a una probeta normalizada a un esfuerzo axial de tracción hasta que se produce la rotura de la probeta. Este ensayo mide la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente.



Materiales y métodos

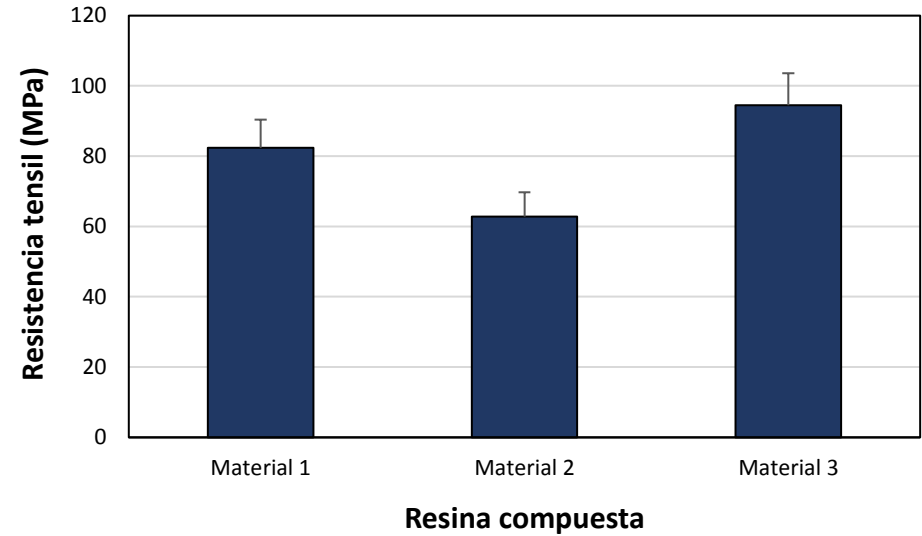
- Se construyeron cubos de resina de cada material con el uso de un molde de acero inoxidable. La resina fue condensada en capas estratificadas de 2 mm de espesor y se fotopolimerizó con una unidad de curado Bluephase (Ivoclar Vivadent, AG Schaan, Liechtenstein) a 800 mW/cm^2 en durante 20 s.
- Se cortaron 20 barras de cada material de acuerdo con la norma ASTM D3039. El tamaño de la muestra fue de 250 mm de longitud x 1 mm de ancho x 1 mm de espesor. Las barras fueron montadas en portamuestras fabricados para tal fin para aplicar una carga tensil uniaxial constante a una velocidad de 0.5 mm/cm en la máquina universal de ensayos SHIMADZU-AUTOGRAPH.
- La resistencia última del material se determinó a partir de la carga máxima soportada antes de la falla. La respuesta tensión-deformación del material se determinó midiendo la deformación del material y se registró la curva tensión-deformación de tracción del cual se derivó el valor de módulo de elasticidad de cada material.



Resultados

| Resistencia tensil uniaxial (MPa) | | | |
|-----------------------------------|------------------|-----------------|------------------|
| Muestra | Material 1 | Material 2 | Material 3 |
| Muestra 1 | 91.484 | 59.7813 | 97.781 |
| Muestra 2 | 80.6719 | 53.0938 | 98.125 |
| Muestra 3 | 72.3906 | 59.1875 | 98.719 |
| Muestra 4 | 92.359 | 66.5156 | 100.266 |
| Muestra 5 | 82.4375 | 54.2188 | 95.1406 |
| Muestra 6 | 76.9063 | 63.4063 | 98.3125 |
| Muestra 7 | 90.516 | 74.0781 | 88.1094 |
| Muestra 8 | 83.3125 | 73.125 | 94.875 |
| Muestra 9 | 73.3906 | 71.6406 | 76.25 |
| Muestra 10 | 77.0156 | 57.1094 | 98.7813 |
| Muestra 11 | 74.0938 | 60.5156 | 105.781 |
| Muestra 12 | 78.0625 | 59.2188 | 95.7031 |
| Muestra 13 | 69.4531 | 75.7188 | 99.063 |
| Muestra 14 | 76.4844 | 56.6875 | 96.2188 |
| Muestra 15 | 98.203 | 61.8125 | 92.9375 |
| Muestra 16 | 79.4629 | 66.2656 | 88.0625 |
| Muestra 17 | 81.9058 | 55.2344 | 91.2031 |
| Muestra 18 | 88.4612 | 59.3318 | 97.6563 |
| Muestra 19 | 94.4793 | 68.9932 | 92.0625 |
| Muestra 20 | 85.9133 | 60.7562 | 72.0625 |
| Promedio | 82.350165 | 62.83454 | 93.855505 |
| DE | 8.06516457 | 6.86557533 | 7.94899475 |

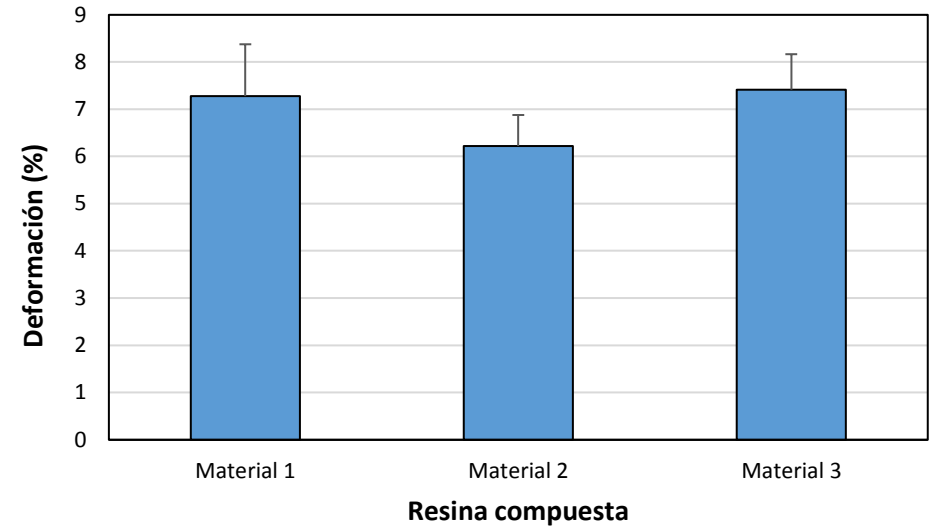
Resistencia tensil última



Resultados

| Deformación | | | |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Muestra | Material 1 | Material 2 | Material 3 |
| Muestra 1 | 9.7667 | 6.56667 | 7.1667 |
| Muestra 2 | 7.36667 | 5.9 | 7.78333 |
| Muestra 3 | 7.7 | 5.96667 | 7.79333 |
| Muestra 4 | 8.9667 | 6.1216 | 8.0667 |
| Muestra 5 | 7.13333 | 5.56667 | 6.73333 |
| Muestra 6 | 6.1349 | 6.26667 | 8.06667 |
| Muestra 7 | 8.4 | 5.93333 | 8.2 |
| Muestra 8 | 7.63333 | 8.23333 | 8.13333 |
| Muestra 9 | 6.33333 | 6.4458 | 6.36667 |
| Muestra 10 | 6.9 | 5.46667 | 7.5 |
| Muestra 11 | 6.7 | 5.8132 | 8.6 |
| Muestra 12 | 6.26667 | 5.9369 | 7.4 |
| Muestra 13 | 5.7 | 7.63333 | 8.33333 |
| Muestra 14 | 6.1387 | 5.83436 | 7.06667 |
| Muestra 15 | 7.26667 | 6.3334 | 7.3 |
| Muestra 16 | 6.5 | 6.36667 | 6.83333 |
| Muestra 17 | 6.7 | 5.83333 | 6.66667 |
| Muestra 18 | 7.43333 | 5.8275 | 7.9 |
| Muestra 19 | 9.26667 | 6.2186 | 5.86667 |
| Muestra 20 | 7.1667 | 6.15732 | 6.4 |
| Promedio | 7.273685 | 6.221101 | 7.4088365 |
| DE | 1.10154738 | 0.65748027 | 0.75518037 |

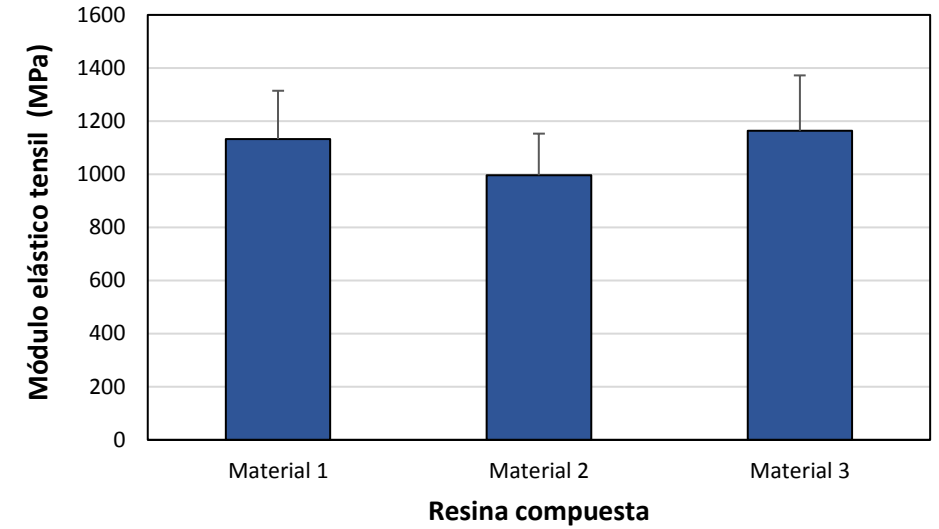
Deformación



Resultados

| Módulo elástico por tensión | | | |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Muestra | Material 1 | Material 2 | Material 3 |
| Muestra 1 | 1038.28 | 847.543 | 1092.68 |
| Muestra 2 | 915.635 | 764.512 | 1173.74 |
| Muestra 3 | 948.251 | 852.19 | 1176.53 |
| Muestra 4 | 1048.5 | 1195.31 | 1249.85 |
| Muestra 5 | 1072.21 | 888.112 | 1420.72 |
| Muestra 6 | 1347.37 | 1151.78 | 1088.21 |
| Muestra 7 | 1028.06 | 1175.31 | 976.67 |
| Muestra 8 | 1518.55 | 833.899 | 957.891 |
| Muestra 9 | 1182.65 | 1211.88 | 1019.34 |
| Muestra 10 | 944.8 | 1134.95 | 1239.93 |
| Muestra 11 | 1172.38 | 1004.38 | 1050.21 |
| Muestra 12 | 957.47 | 852.485 | 1134.25 |
| Muestra 13 | 1093.14 | 834.612 | 1154.66 |
| Muestra 14 | 1463.02 | 816.19 | 1314.12 |
| Muestra 15 | 1167.2 | 1102.11 | 1058.33 |
| Muestra 16 | 971.244 | 1152.03 | 1066.23 |
| Muestra 17 | 1096.23 | 983.112 | 1295.62 |
| Muestra 18 | 1072.71 | 882.239 | 1024.22 |
| Muestra 19 | 1139.08 | 1183.2 | 1857.46 |
| Muestra 20 | 1463.9 | 1056.8 | 926.45 |
| Promedio | 1132.034 | 996.1322 | 1163.85555 |
| DE | 182.004282 | 156.066159 | 207.742689 |

Módulo elástico





Pruebas de resistencia tensil diametral de tres materiales de resina compuesta

Materiales Casa comercial New Stetic

Director de Investigación y gestión tecnológica: Henry Rodríguez Quiroz

Pruebas Laboratorio de materiales y ciencias básicas (LIMACIB)

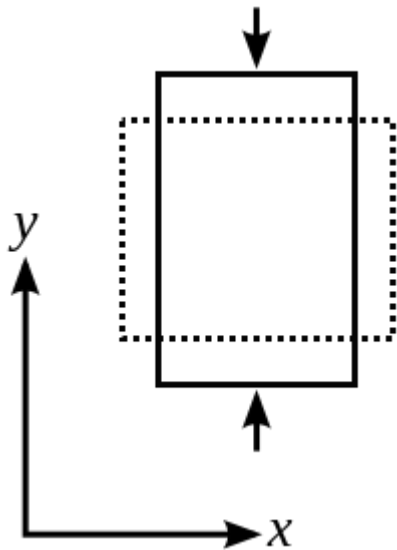
Facultad de Odontología

Universidad Nacional de Colombia

Coordinadora LIMACIB: Paula Alejandra Baldión Elorza

Esfuerzos compresivos

Es la resultante de las tensiones o presiones que existen dentro de un sólido deformable, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen del cuerpo, y a un acortamiento del cuerpo en determinada dirección (coeficiente de Poisson)



Coeficiente de Poisson

Constante elástica

La razón entre el acortamiento de una longitud situada en un plano perpendicular a la dirección de la carga aplicada, dividido en el alargamiento longitudinal producido.

Fórmula para el coeficiente de Poisson es:

$$\nu = -\frac{\epsilon_{\text{trans}}}{\epsilon_{\text{long}}}$$

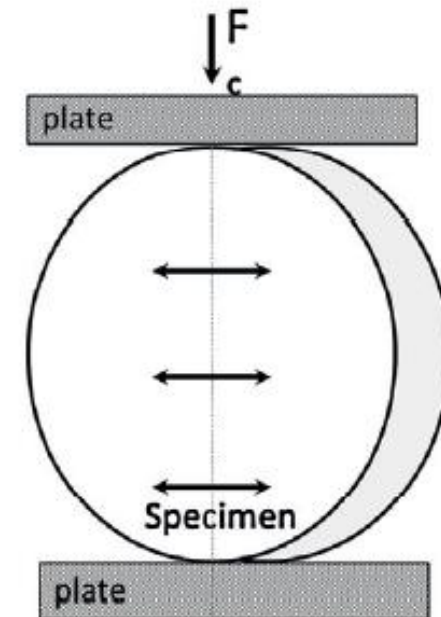
Donde ϵ es la deformación

Descripción de la prueba

Método de prueba de resistencia tensil diametral

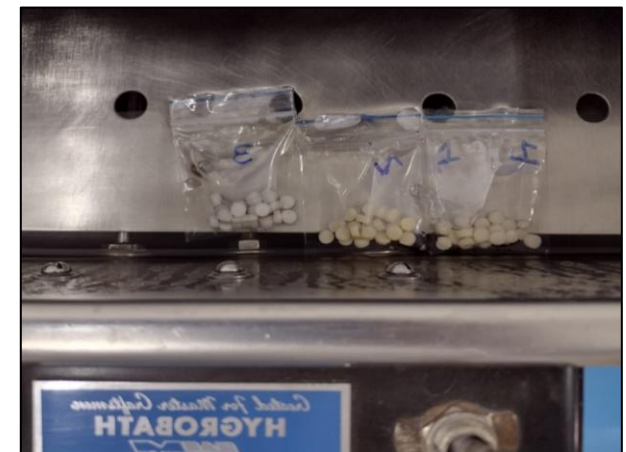
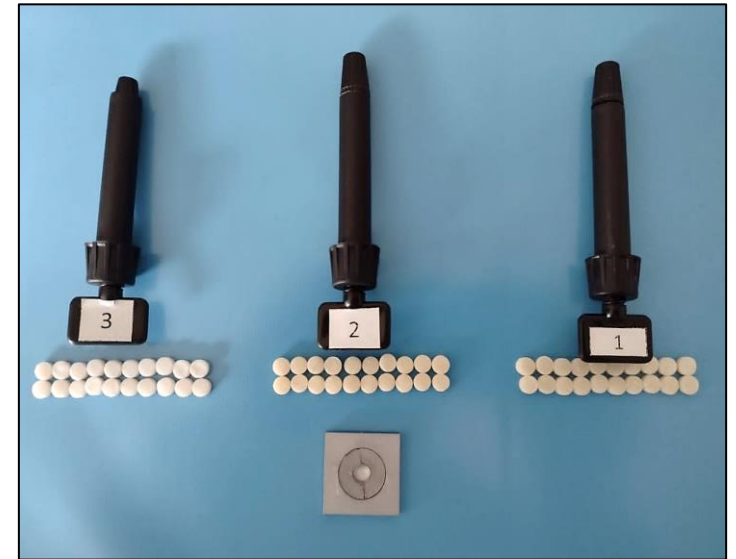
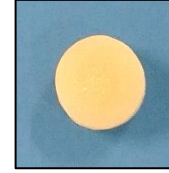
Este método se basa en la rotura de un disco, que descansa sobre su costado de modo que los platos superior e inferior de la máquina de ensayo suministren una fuerza a un eje de línea a lo largo de toda la longitud de la muestra.

La prueba de tensión diametral solo se considera precisa cuando la muestra se rompe uniformemente por la mitad, el principio es que a medida que el disco se aprieta a lo largo de su diámetro, se establecen tensiones de tracción a lo largo de su diámetro central, separando el material de una manera de tracción.



Materiales y métodos

- Las probetas fueron construidas en moldes de acero inoxidable de 6mm de diámetro x 3 mm de espesor. La resina fue condensada dentro del molde y ftopolimerizada por segmentos con una unidad de curado Bluephase (Ivoclar Vivadent, AG Schaan, Liechtenstein) a 800 mW/cm^2 en durante 20 s.
- Antes y durante la polimerización la resina fue cubierta con un portaobjetos y, posteriormente, cada muestra fue calibrada con un calibrador digital Mitutoyo (Tokyo, Japón) antes de su almacenamiento en al HygroBath (Whip Mix, Louisville, KY, EE.UU) a 37°C con humedad relativa del 95% durante 24 h antes de realizar el ensayo de resistencia tensil diametral.



Ensayo tensil diametral

- La prueba se realizó en una máquina de ensayos Shimadzu. Las muestras se colocaron entre dos platos de acero que se cubrieron con un papel de filtro húmedo.
- Se aplicó una fuerza compresiva a una velocidad de 0.5 mm/min. Se probaron 20 muestras de cada material y los datos fueron procesados en el *software* de operación para la prueba de materiales *TRAPEZIUM X* (Microsoft Windows, EE. UU.).
- Para calcular la resistencia se aplicó la siguiente fórmula:

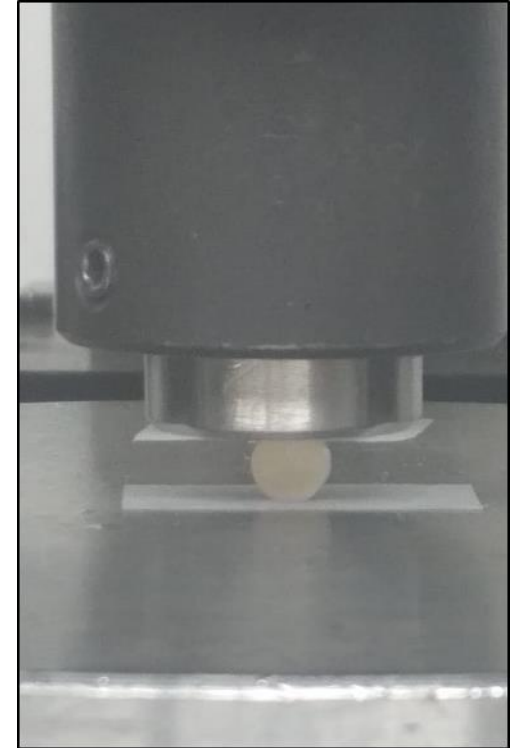
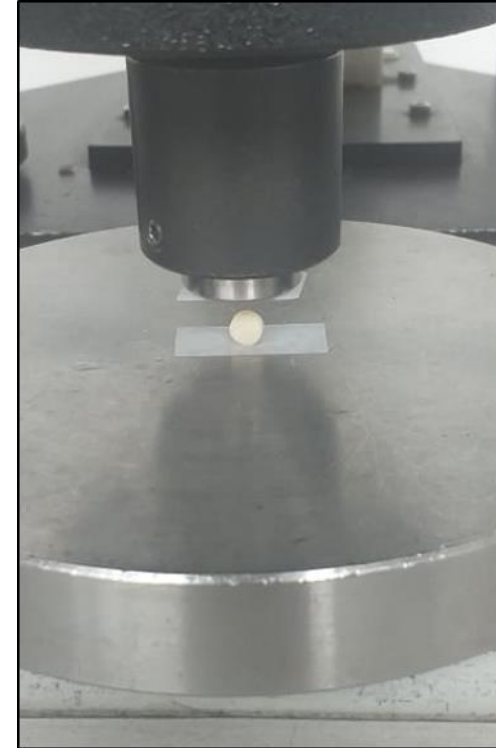
$$R = \frac{2L}{\pi \cdot D \cdot h}$$

R: resistance

L: load

D: diameter

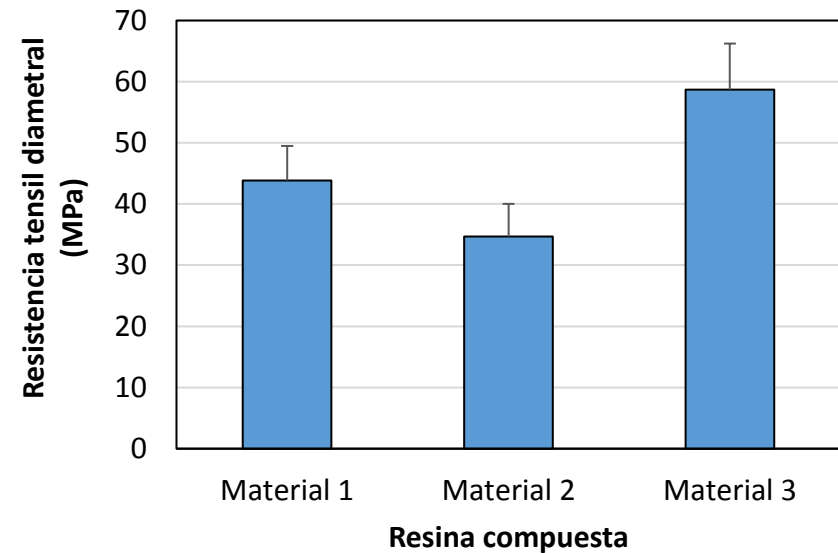
H: height



Resultados

| Resistencia tensil diametral (MPa) | | | |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Muestra | Material 1 | Material 2 | Material 3 |
| Muestra 1 | 41.0764 | 34.5222 | 70.7078 |
| Muestra 2 | 50.2002 | 28.0952 | 52.5596 |
| Muestra 3 | 50.4874 | 29.4712 | 53.4667 |
| Muestra 4 | 40.9933 | 40.5017 | 54.3502 |
| Muestra 5 | 42.3283 | 31.9083 | 48.371 |
| Muestra 6 | 51.344 | 34.0746 | 49.5858 |
| Muestra 7 | 49.8352 | 41.5128 | 67.4582 |
| Muestra 8 | 43.6104 | 33.574 | 55.9614 |
| Muestra 9 | 51.5098 | 26.0118 | 52.1673 |
| Muestra 10 | 40.0596 | 38.0392 | 70.4758 |
| Muestra 11 | 36.8542 | 31.3336 | 63.3799 |
| Muestra 12 | 50.7369 | 40.7673 | 66.1984 |
| Muestra 13 | 40.3554 | 37.0586 | 50.272 |
| Muestra 14 | 34.9698 | 41.9549 | 59.7002 |
| Muestra 15 | 35.3401 | 39.8495 | 60.1636 |
| Muestra 16 | 44.5909 | 35.6386 | 72.2109 |
| Muestra 17 | 38.103 | 33.5441 | 53.7358 |
| Muestra 18 | 40.9664 | 30.5212 | 60.8324 |
| Muestra 19 | 49.6806 | 40.8334 | 59.308 |
| Muestra 20 | 43.3806 | 24.2048 | 52.3665 |
| Promedio | 43.821125 | 34.67085 | 58.663575 |
| DE | 5.63625412 | 5.36776903 | 7.56724532 |

Resistencia tensil diametral





Pruebas de resistencia flexural de tres materiales de resina compuesta

Materiales Casa comercial New Stetic

Director de Investigación y gestión tecnológica: Henry Rodríguez Quiroz

Pruebas Laboratorio de materiales y ciencias básicas (LIMACIB)

Facultad de Odontología

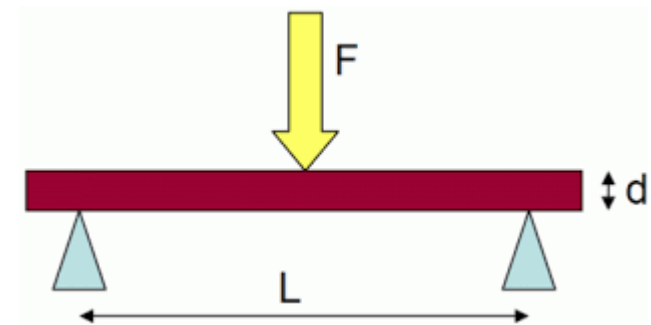
Universidad Nacional de Colombia

Coordinadora LIMACIB: Paula Alejandra Baldión Elorza

Descripción de la prueba

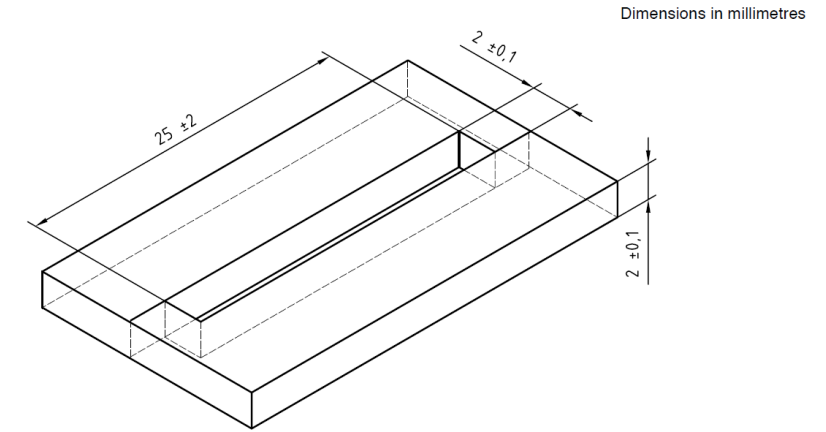
Método de prueba de resistencia flexural

- Esta prueba mide la fuerza por unidad de área en el instante de la fractura en un espécimen de prueba sujeto a la carga de flexural.
- La resistencia a la flexión, es por lo tanto la resistencia que ofrece un material al ser flejado, cuando se aplica esta fuerza al centro del material y este se flexiona hasta fracturarse.



Materiales y métodos

- Las probetas fueron construidas en moldes de acero inoxidable de 25 mm de longitud x 2 mm de ancho x 2 mm de espesor. La resina fue condensada dentro del molde y fotopolimerizada por segmentos con una unidad de curado Bluephase (Ivoclar Vivadent, AG Schaan, Liechtenstein) a 800 mW/cm^2 en durante 20 s.
- Antes y durante la polimerización la resina fue cubierta con un portaobjetos y, posteriormente, cada muestra fue calibrada con un calibrador digital Mitutoyo (Tokyo, Japón) antes de su almacenamiento en el Hygrobath (Whip Mix, Louisville, KY, EE.UU) a 37°C con humedad relativa del 95% durante 24 h antes de realizar el ensayo de flexión.



Ensayo de flexión

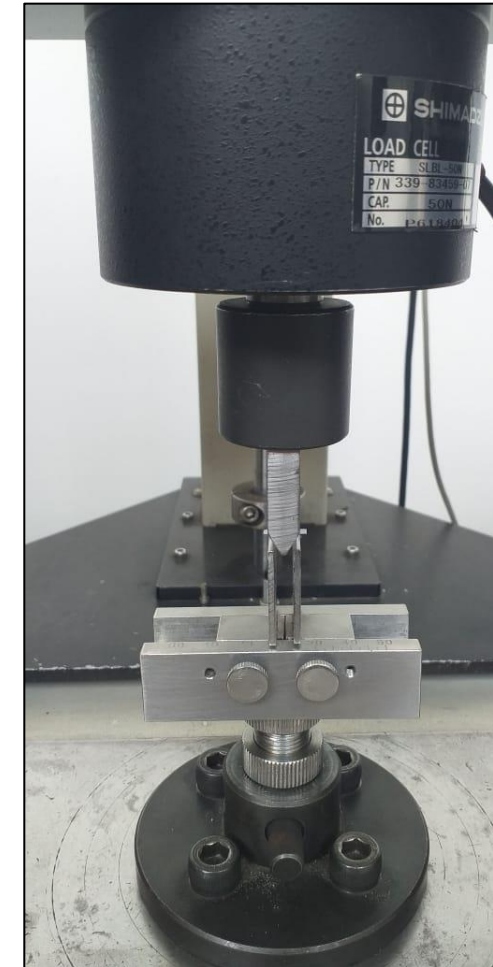
- El dispositivo de prueba, consta de dos bases con 20 mm de distancia entre ellos. La punta de aplicación de la carga tiene 2 mm de diámetro de la curvatura de la punta y está se colocó centrada entre las bases y ubicada sobre la muestra, de modo que los tres puntos de apoyo constituyen la prueba de flexión a tres puntos.
- La carga se aplicó a una velocidad de cruceta de 0.75 mm/min en la máquina de prueba universal (Shimadzu A-GIS 5kN[®] Shimadzu, Tokio, Japón)
- La resistencia flexural se expresó en MPa y los resultados se registraron y analizaron utilizando el software Trapezium2 (Microsoft Corp., Redmond, WA, EE. UU.).

Calculate the flexural strength, σ , in megapascals, from the following equation:

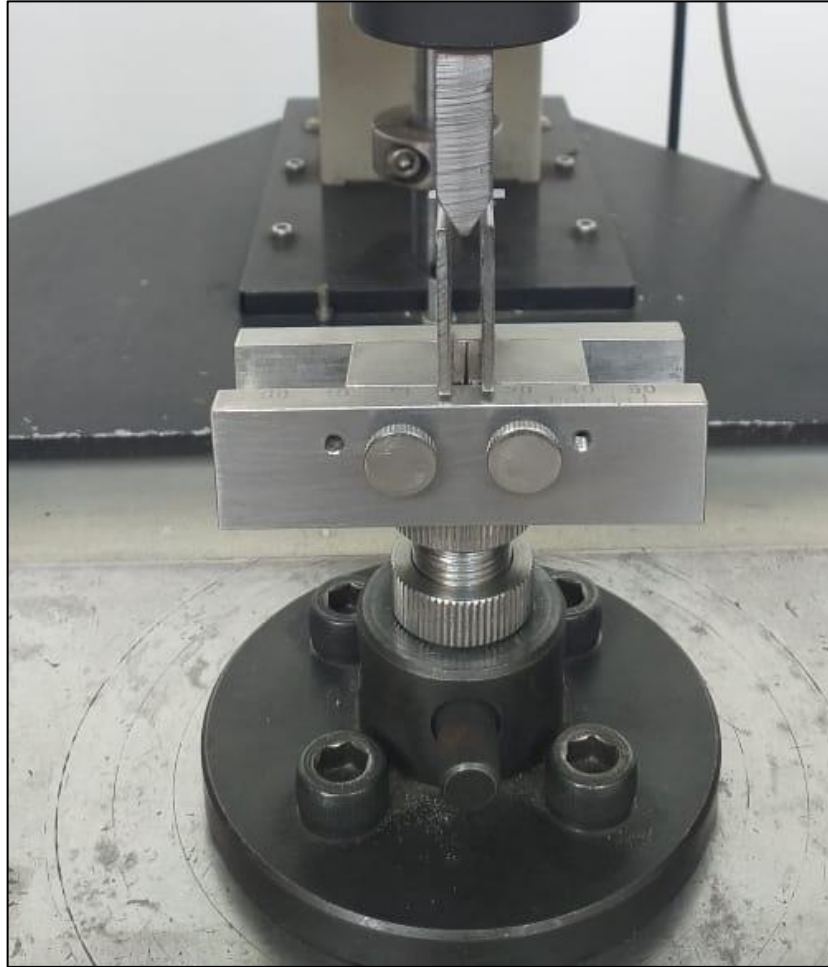
$$\sigma = \frac{3Fl}{2bh^2}$$

where

- F is the maximum load, in newtons, exerted on the specimen;
- l is the distance, in millimetres, between the supports, accurate to $\pm 0,01$ mm;
- b is the width, in millimetres, of the specimen measured immediately prior to testing;
- h is the height, in millimetres, of the specimen measured immediately prior to testing.



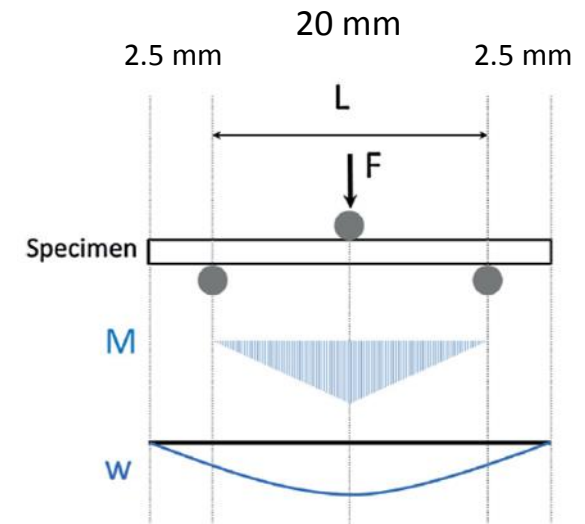
Prueba de resistencia flexural



Dispositivo de prueba de ensayo de flexión a tres puntos

Separación de 20 mm
entre las dos bases de acero inoxidable
del aditamento de prueba que soportan
la muestra

2.5 mm de la barra de resina a lado y
lado de las bases para soportarse sobre
el aditamento (debe ser el mínimo el
10%)



Mínima resistencia flexural de las restauraciones poliméricas directas fotopolimerizables en boca requerida para cumplir con la norma

Tipo 1: materiales restauradores y de relleno que el fabricante recomienda como adecuados para restauraciones que involucran superficies oclusales

Clase 2: la polimerización se efectúa mediante la aplicación de una fuente externa de energía, como la luz azul

Grupo 1: materiales que requieren que la energía se aplique de forma intraoral.

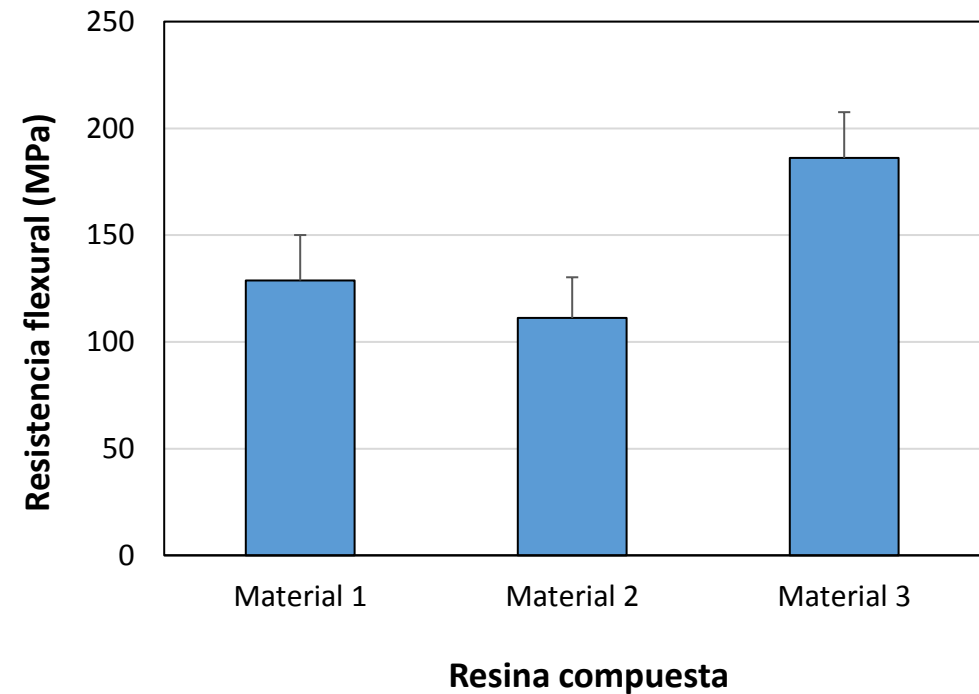
Table 1 – Minimum flexural strength

| | | |
|---------------|------------------|---------|
| Type 1 | Class 1 | 80 MPa |
| | Class 2, group 1 | 80 MPa |
| | Class 2, group 2 | 100 MPa |
| | Class 3 | 80 MPa |
| Type 2 | Class 1 | 50 MPa |
| | Class 2, group 1 | 50 MPa |
| | Class 3 | 50 MPa |

Resultados

| Resistencia Flexural (MPa) | | | |
|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Muestra | Material 1 | Material 2 | Material 3 |
| Muestra 1 | 165.041 | 106.09 | 174.199 |
| Muestra 2 | 115.412 | 71.0273 | 164.238 |
| Muestra 3 | 135.152 | 125.738 | 160.371 |
| Muestra 4 | 106.412 | 95.6543 | 162.363 |
| Muestra 5 | 139.752 | 109.705 | 226.055 |
| Muestra 6 | 159.018 | 140.186 | 160.547 |
| Muestra 7 | 172.477 | 145.084 | 226.582 |
| Muestra 8 | 140.068 | 99 | 181.172 |
| Muestra 9 | 143.9 | 118.453 | 170.488 |
| Muestra 10 | 112.693 | 83.168 | 222.07 |
| Muestra 11 | 149.918 | 120.381 | 199.629 |
| Muestra 12 | 125.232 | 132.416 | 202.637 |
| Muestra 13 | 121.711 | 118.623 | 182.52 |
| Muestra 14 | 112.898 | 87.6504 | 186.504 |
| Muestra 15 | 124.641 | 104.784 | 174.063 |
| Muestra 16 | 118.727 | 111.925 | 187.188 |
| Muestra 17 | 110.455 | 102.751 | 161.088 |
| Muestra 18 | 99.6973 | 123.906 | 194.09 |
| Muestra 19 | 98.0391 | 127.522 | 191.621 |
| Muestra 20 | 123.041 | 100.864 | 195.443 |
| Promedio | 128.71422 | 111.2464 | 186.1434 |
| DE | 21.3155926 | 19.0049552 | 21.4202964 |

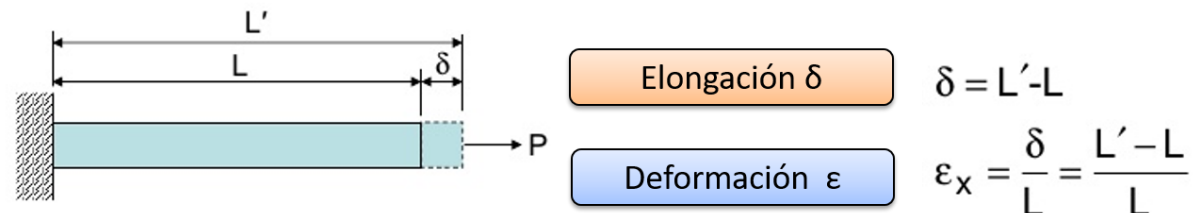
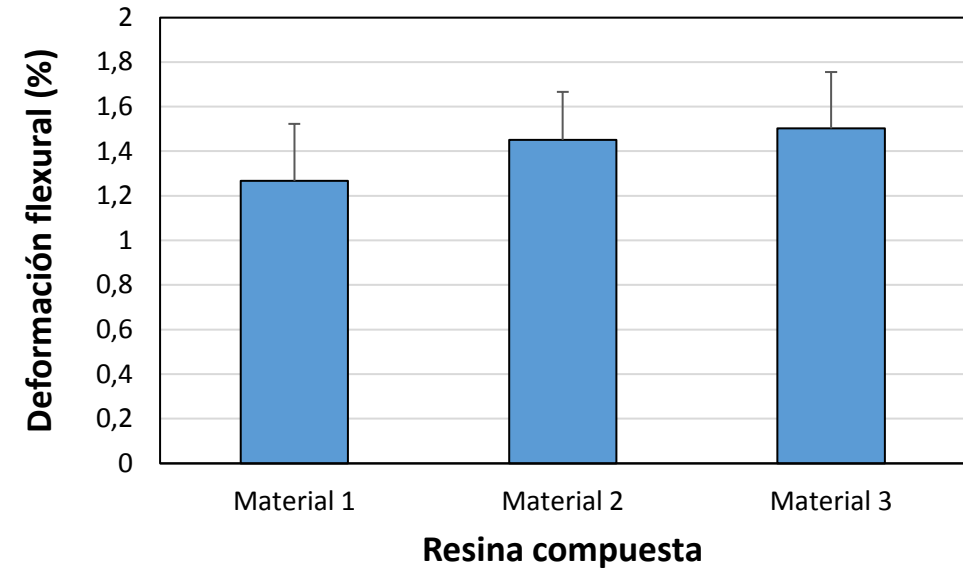
Resistencia flexural



Resultados

| Deformación (%) | | | |
|-----------------|------------------|------------------|-------------------|
| Muestra | Material 1 | Material 2 | Material 3 |
| Muestra 1 | 1.335 | 1.281 | 1.776 |
| Muestra 2 | 1.035 | 0.87 | 1.099 |
| Muestra 3 | 1.479 | 1.587 | 1.176 |
| Muestra 4 | 1.311 | 1.713 | 0.915 |
| Muestra 5 | 1.548 | 1.659 | 1.633 |
| Muestra 6 | 1.545 | 1.656 | 1.731 |
| Muestra 7 | 1.254 | 1.457 | 1.47 |
| Muestra 8 | 1.803 | 1.56 | 1.573 |
| Muestra 9 | 1.428 | 1.41 | 1.494 |
| Muestra 10 | 1.041 | 1.164 | 1.737 |
| Muestra 11 | 1.602 | 1.533 | 1.602 |
| Muestra 12 | 1.567 | 1.695 | 1.977 |
| Muestra 13 | 1.029 | 1.608 | 1.6755 |
| Muestra 14 | 1.008 | 1.203 | 1.463 |
| Muestra 15 | 1.02 | 1.205 | 1.404 |
| Muestra 16 | 1.092 | 1.36 | 1.284 |
| Muestra 17 | 1.083 | 1.55 | 1.307 |
| Muestra 18 | 1.167 | 1.5 | 1.452 |
| Muestra 19 | 0.954 | 1.48 | 1.598 |
| Muestra 20 | 1.047 | 1.53 | 1.672 |
| Promedio | 1.2674 | 1.45105 | 1.501925 |
| DE | 0.2548313 | 0.2146418 | 0.25363703 |

Deformación

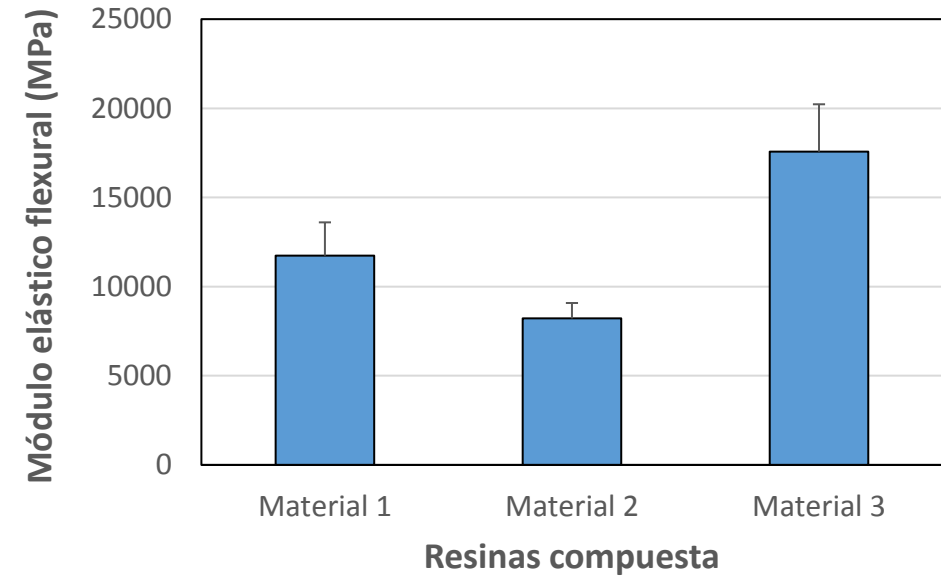


Relación entre la elongación y la longitud original

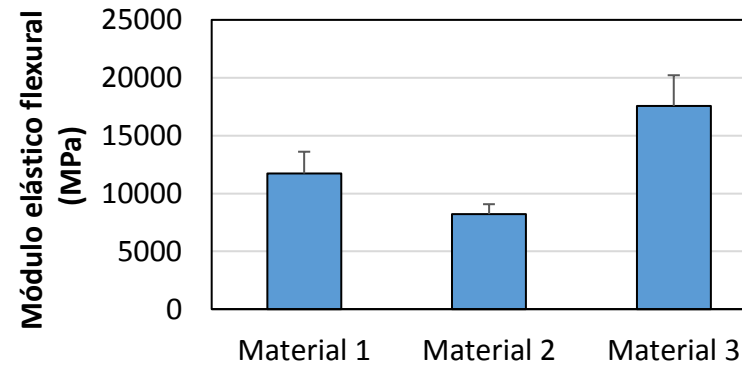
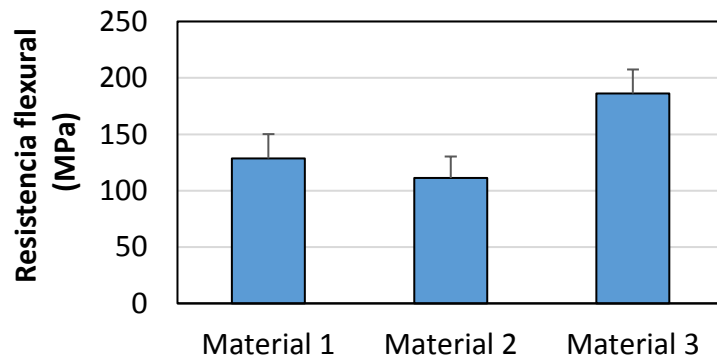
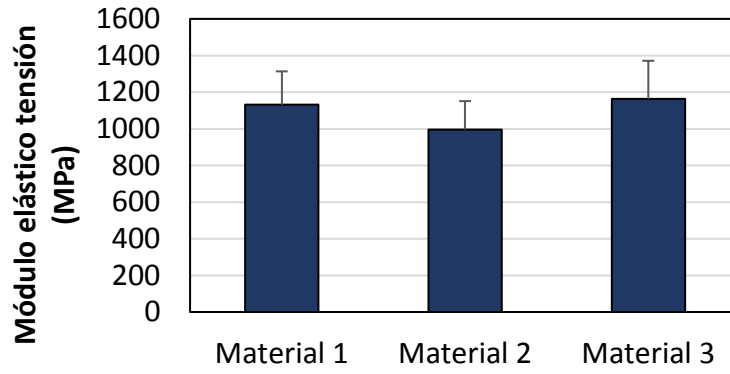
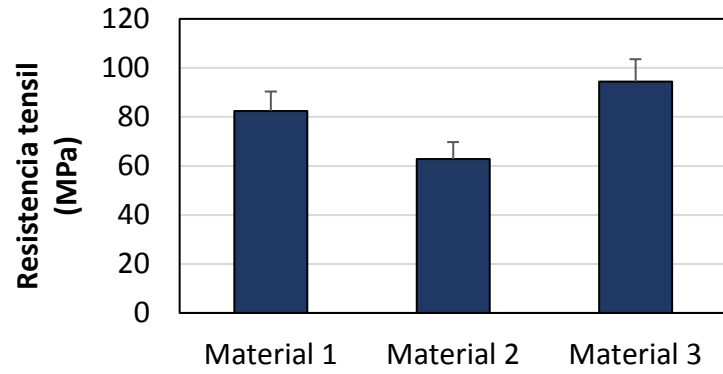
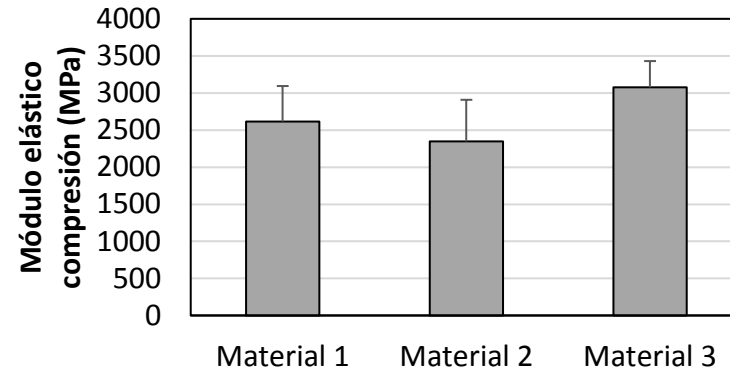
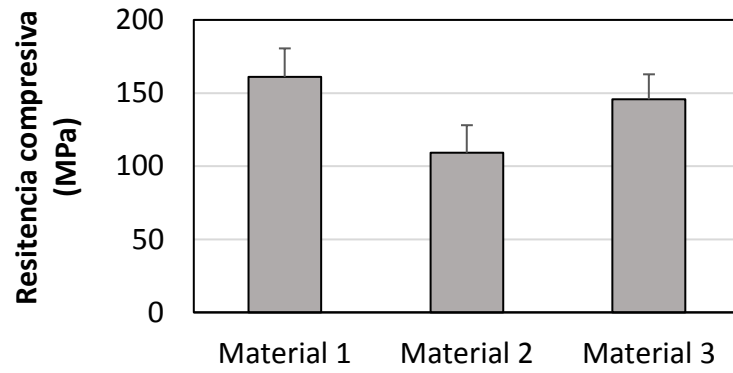
Resultados

| Módulo elástico (MPa) | | | |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Muestra | Material 1 | Material 2 | Material 3 |
| Muestra 1 | 13717.3 | 8806.98 | 15825.9 |
| Muestra 2 | 11935.1 | 8473.02 | 18850.8 |
| Muestra 3 | 10349.8 | 8702.61 | 14075.4 |
| Muestra 4 | 8646.44 | 7146.08 | 19521.1 |
| Muestra 5 | 9529.55 | 7257.15 | 22722.6 |
| Muestra 6 | 11711.2 | 10095.6 | 15620.6 |
| Muestra 7 | 15360.4 | 7733.98 | 16262.7 |
| Muestra 8 | 9014.37 | 6879.52 | 17928.9 |
| Muestra 9 | 13213.7 | 9083.7 | 17296.4 |
| Muestra 10 | 11638.4 | 7847.03 | 17197.1 |
| Muestra 11 | 10802.4 | 8683.69 | 12705.7 |
| Muestra 12 | 13905 | 8633.7 | 17672.2 |
| Muestra 13 | 13527.6 | 8808.43 | 14087.8 |
| Muestra 14 | 11905.3 | 7564.92 | 21954.8 |
| Muestra 15 | 13145.5 | 8434.2 | 16129.5 |
| Muestra 16 | 13355.6 | 8977.1 | 21867.3 |
| Muestra 17 | 10252 | 6996.3 | 19762.3 |
| Muestra 18 | 9325.1 | 8563.8 | 16345.4 |
| Muestra 19 | 10971.3 | 8672.9 | 17325.9 |
| Muestra 20 | 12569.2 | 7065.1 | 18162.8 |
| Promedio | 11743.763 | 8221.2905 | 17565.76 |
| DE | 1860.31636 | 861.243292 | 2669.36708 |

Módulo elástico



$$\text{Young's Modulus} = \frac{\text{Stress}}{\text{Strain}} \quad \text{or} \quad E = \frac{\sigma_x}{\epsilon_x}$$



Consideraciones del comportamiento biomecánico de las resinas compuestas probadas

- El comportamiento biomecánico de las resinas compuestas dependen principalmente de su composición.
- El contenido, tamaño y distribución de las partículas de relleno tienen gran influencia en las propiedades físico-mecánicas de estos materiales.
- La fracción en volumen del refuerzo inorgánico y el nivel de carga en las resinas está relacionado con la resistencia del material y su comportamiento elástico.
- La dureza es el resultado de las características superficiales del material y no es una propiedad intrínseca del comportamiento mecánico del cuerpo del material.
- Teniendo en cuenta esto, el mayor valor de microdureza en un material de resina compuesta puede ser indicador de mayor resistencia al desgaste, y a su vez, de menor capacidad de pulido y brillo superficial.
- Los materiales frágiles como las resinas compuestas, suelen ser más resistentes frente a esfuerzos de compresión que de tensión, porque la prueba de compresión es generalmente menos sensible a los defectos internos. Lo cual se comprobó con los resultados de estas pruebas.
- Aunque será necesario realizar los análisis estadísticos que se requieran para cada prueba, incluyendo análisis de correlación entre propiedades, es posible observar consistencia en los resultados de las diferentes pruebas para los tres materiales. De manera general, de mayor a menor, las propiedades mecánicas con valores más elevados se presentaron con el material 3, seguido por el material 1 y, por último, por el material 2.

Consideraciones del comportamiento biomecánico de las resinas compuestas probadas

- Se esperaría que un material restaurador tuviera unas propiedades mecánicas similares a las de la estructura dental.
- La resistencia tensil última de la dentina = 84 MPa (medida por el mismo método bajo las mismas condiciones experimentales)
- La resistencia tensil última de las resinas de prueba:
 - Material 1 = 82.4 MPa
 - Material 2 = 62.8 MPa
 - Material 3 = 93.8 MPa

Consideraciones del comportamiento biomecánico de las resinas compuestas probadas

- Dureza superficial

HV Esmalte = 274.8

HV Dentina = 65.6

HV Material 1 = 103.6

HV Material 2 = 73.3

HV Material 3 = 173.4

La dureza superficial de los tres materiales tiene un valor intermedio con respecto a esmalte y dentina, sobretudo el material 1 y 3. Podría esperarse que tengan una tasa de desgaste un poco mayor a la del esmalte, pero un acabado superficial adecuado.

Será necesario que correlacionen porcentaje y tamaño de relleno inorgánico con esta propiedad, y tipo de relleno (Cuarzo, sílice, trifluoruro de iterbio, zirconio, etc) y forma de trituración y morfología final de los rellenos.

Consideraciones del comportamiento biomecánico de las resinas compuestas probadas

- Resistencia compresiva (MPa)

Esmalte = 62.2 ± 23.8

Dentina = 193.7 ± 30.6

Esmalte + Dentina = 126.1 ± 54.6

- Material 1 = 161.07

Material 2 = 109.17

Material 3 = 145.76

El comportamiento del material polimérico frente a esfuerzos de compresión, son altamente representativos en el sector posterior durante el cierre mandibular y los movimientos masticatorios, Los valores de los materiales son similares al del esmalte + dentina, lo cual es ideal para su comportamiento en cavidad oral.

Consideraciones del comportamiento biomecánico de las resinas compuestas probadas

- Módulo elástico por compresión

Esmalte = 1338.2

Dentina = 1653.7

Esmalte +Dentina = 1628.6

Material 1 = 2613.76

Material 2 = 2346.28

Material 3 = 3076.09

Módulo elástico por tensión

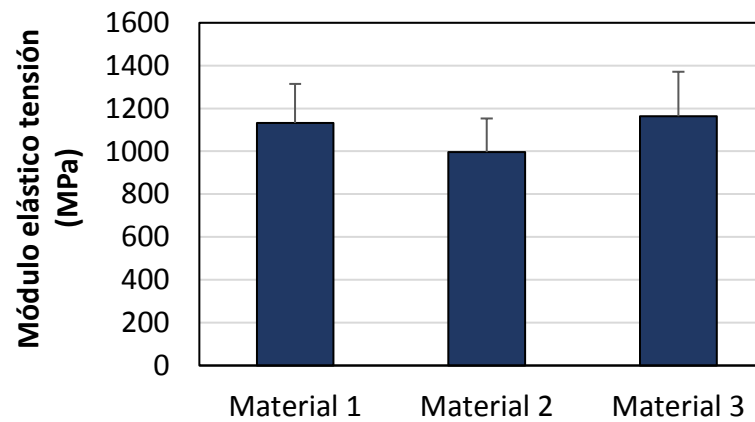
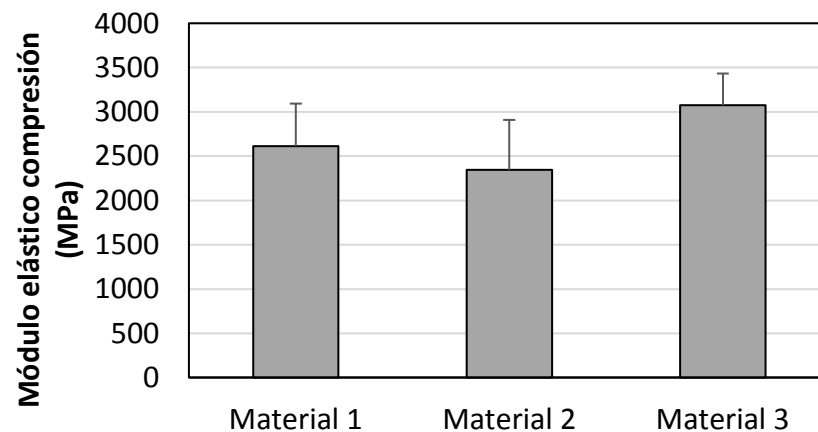
| | | |
|---------------|---------------|-----------------|
| 1 1132.034 | 2 996.1322 | 3 1163.85555 |
|---------------|---------------|-----------------|

$$\text{Módulo de Young } E = \frac{\text{Esfuerzo } \sigma_x}{\text{Deformación } \epsilon_x} = \frac{\frac{P_x}{A}}{\frac{\delta}{L}} = \frac{P_x L}{A \delta} \quad \Rightarrow \quad \text{Elongación } \delta = \frac{P_x L}{EA}$$

El módulo elástico es útil para conocer el comportamiento elástico o deformación del material frente a una tensión, punto fundamental para correlacionar con la capacidad de disipación de esfuerzos durante la masticación y el comportamiento frente al estrés de contracción generado durante la polimerización en la interfase adhesiva.

Consideraciones del comportamiento biomecánico de las resinas compuestas probadas

- Para un material isótropo, el módulo de Young tiene el mismo valor para una tracción que para una compresión, siendo una constante independiente del esfuerzo, siempre que no exceda el valor del límite elástico.
- Se observó el mismo comportamiento de los materiales independiente del tipo de esfuerzo generado.



Consideraciones del comportamiento biomecánico de las resinas compuestas probadas

- Módulo elástico por flexión

Esmalte = 80000 MPa

Dentina peritubular = 40000 MPa

Dentina intertubular = 17000 MPa

Material 1 = 11743.8 MPa

Material 2 = 8221.3 MPa

Material 3 = 17565.7 MPa

Comportamiento elástico similar a la dentina intertubular.

El material 2 muy bajo módulo elástico.

Consideraciones del comportamiento biomecánico de las resinas compuestas probadas

- Los tres materiales superaron la mínima resistencia flexural de las restauraciones poliméricas directas fotopolimerizables en boca requerida para cumplir con la norma ISO 4049 (80 MPa)

- Resistencia flexural

Material 1 = 128.7

Material 2 = 111.2

Material 3 = 186.1

- Resistencia tensil diametral

Material 1 = 43.8

Material 2 = 34.7

Material 3 = 58.7

Table 2 - Mean and standard deviation values of diametral tensile strength and flexural strength, and statistical grouping.

| Groups | Diametral tensile strength (MPa) | Flexural strength (MPa) | |
|--------|----------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Z250 | 45.06 ± 5.7 A | 126.52 ± 3.3 a | Filtek Z250 (3M-ESPE) |
| EX | 42.87 ± 6.6 A | 119.48 ± 2.1 a | Esthet-X (Dentsply) |
| VE | 34.45 ± 7.8 B | 104.66 ± 4.4 b | Vit-I-escence (Ultradent) |
| AM | 35.61 ± 5.4 B | 87.75 ± 3.8 c | Amelogen (Ultradent) |

Mean values followed by similar letters in the column do not show statistical difference ($p \geq 0.05$).



Pruebas de resistencia de unión microtensil (μ TBS) de dos materiales de resina compuesta

Materiales Casa comercial New Stetic

Director de Investigación y gestión tecnológica: Henry Rodríguez Quiroz

Pruebas Laboratorio de materiales y ciencias básicas (LIMACIB)

Facultad de Odontología

Universidad Nacional de Colombia

Coordinadora LIMACIB: Paula Alejandra Baldión Elorza

Resistencia de unión microtensil (μ TBS)

- Se utilizaron 12 terceros molares humanos, recientemente extraídos por razones quirúrgicas y ortodóncicas. Todos los dientes fueron seleccionados según los criterios de inclusión, verificando ausencia de caries o defectos del desarrollo de esmalte y dentina, con formación radicular completa, sin restauraciones previas ni dentina expuesta por desgaste o lesiones superficiales; donados previo consentimiento informado, por pacientes entre 14 y 25 años de edad. Luego de la recolección, se hizo una limpieza mecánica de los restos de tejido blando a nivel radicular de cada diente y los especímenes se almacenaron en un medio de preservación que contenía cloruro de sodio (NaCl) al 0.9% con azida de sodio (NaN₃) al 0.02% a 4 °C, por un tiempo no mayor a 30 días, previo a la realización de los experimentos.
- A cada diente se le retiró el esmalte oclusal de forma tal que se expuso la dentina superficial haciendo el corte con Isomet® (*Buehler Ltd*, Lake Bluff, IL, EE. UU.) a baja velocidad y con refrigeración. Bajo observación con lupa se evaluó que no quedaran remanentes del esmalte oclusal en cada muestra. Los dientes fueron divididos aleatoriamente en dos grupos de 6 dientes para ser obturados con cada uno de los materiales a evaluar. Después de realizar las restauraciones cada espécimen fue colocado en el soporte del Isomet®, para realizar cortes axiales en los 2 planos de 1mm de espesor de la dentina, generando microbarras de 1mm x 1mm x 8 mm de longitud. Se midieron las muestras con un calibrador digital (Absolute Digimatic, Mitutoyo, Tokyo, Japan) con margen de error de 0.1mm, para corroborar que todas las microbarras tuvieran las dimensiones propuestas. Las microbarras obtenidas de cada diente se utilizaron para medir la resistencia microtensil de la resina a la dentina.



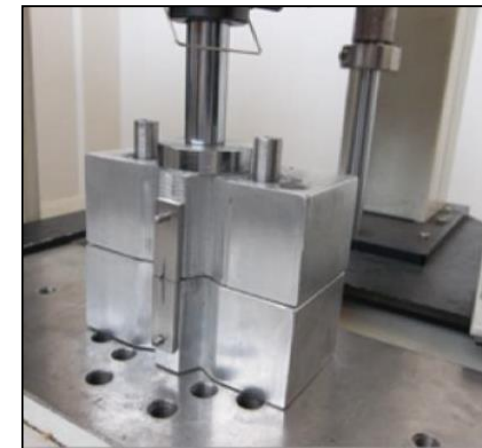
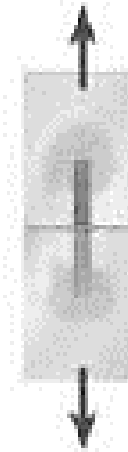
Metodología

Resistencia de unión microtensil (μ TBS)

- Para realizar la prueba, cada espécimen se montó en un porta-muestras al cual fue fijado en los extremos con cianoacrilato, de forma tal que, la zona media de la barra quedara libre de cualquier contaminante que pudiera interferir con la medición de la resistencia tensil.
- La prueba microtensil se realizó en una máquina de ensayos universal Shimadzu AG-SI Series (Corporación Shimadzu, Tokio, Japón), a la cual se adaptó el dispositivo diseñado para tal fin, que a su vez permitió colocar el porta-muestras que llevará cada microbarra de prueba. Se aplicó una fuerza tensil a una velocidad de 0.5mm/min y se registraron los valores en los que se produjo la fractura.
- Teniendo en cuenta el área transversal en mm^2 y la magnitud de la carga registrada en Newtons se calculó el correspondiente esfuerzo en MPa (N/mm^2). Los datos fueron procesados en el *software* de operación para la prueba de materiales *TRAPEZIUM X* (*Microsoft Windows*[®], EE. UU.).

Adhesivo: Zafira Bond (New Stetic)

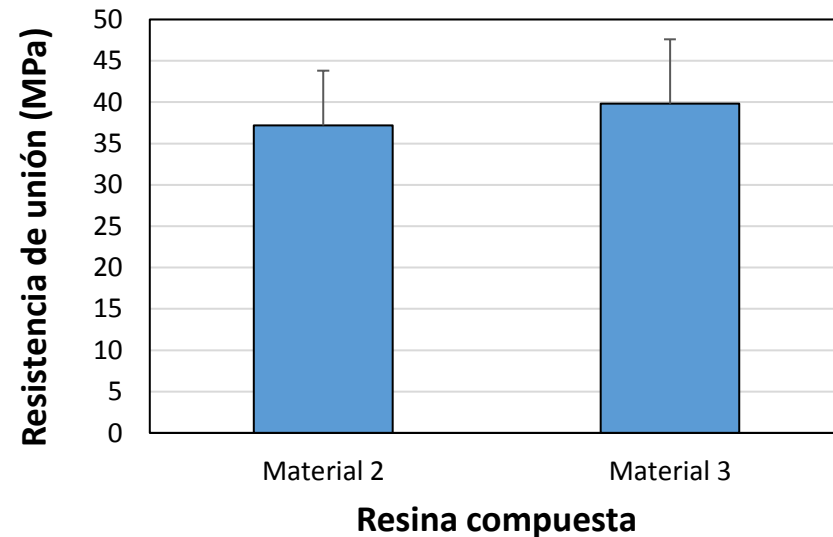
Material 2: Empress Direct (Ivoclar). Material 3: Z250 (3M)



| Name | Max_Force | Name | Max_Force |
|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| Parameter | N/mm2 | Parameter | N/mm2 |
| Units | MPa | Units | MPa |
| 2 - 1 | 27.5984 | 3 - 1 | 40.4344 |
| 2 - 2 | 42.9938 | 3 - 2 | 42.9953 |
| 2 - 3 | 42.9875 | 3 - 3 | 48.9063 |
| 2 - 4 | 34.2328 | 3 - 4 | 42.9656 |
| 2 - 5 | 28.4844 | 3 - 5 | 41.3375 |
| 2 - 6 | 26.1844 | 3 - 6 | 36.3859 |
| 2 - 7 | 43.0078 | 3 - 7 | 55.9531 |
| 2 - 8 | 42.0797 | 3 - 8 | 45.625 |
| 2 - 9 | 42.9969 | 3 - 9 | 43.0047 |
| 2 - 10 | 35.425 | 3 - 10 | 42.9813 |
| 2 - 11 | 33.2188 | 3 - 11 | 42.9703 |
| 2 - 12 | 45.1094 | 3 - 12 | 47.2031 |
| 2 - 13 | 32.4344 | 3 - 13 | 29.3312 |
| 2 - 14 | 28.9297 | 3 - 14 | 24.4578 |
| 2 - 15 | 29.3906 | 3 - 15 | 30.5547 |
| 2 - 16 | 36.9859 | 3 - 16 | 30.2516 |
| 2 - 17 | 42.9703 | 3 - 17 | 34.0422 |
| 2 - 18 | 42.9781 | 3 - 18 | 42.9594 |
| 2 - 19 | 43.0047 | 3 - 19 | 43.0109 |
| 2 - 20 | 42.9594 | 3 - 20 | 31.3 |
| Promedio | 37.1986 | Promedio | 39.833515 |
| DE | 6.5845034 | DE | 7.7628559 |

Resultados μ TBS

| Material | Promedio | DS |
|----------|----------|-----|
| 2 | 37.19 | 6.5 |
| 3 | 39.83 | 7.7 |



| | | |
|-------------|----------|--------------|
| Temperature | Humidity | |
| 20°C | 53% | |
| Thickness | Width | Gauge Length |
| mm | mm | mm |
| 1 | 1 | 2 |

Modo de falla

El modo de falla se registró examinando en el estereomicroscopio cada muestra con un aumento de 10X y fue clasificada en uno de los siguientes tipos de fallas:

A - Falla adhesiva entre la dentina / adhesivo / resina compuesta

B - Falla mixta, combinación de una falla adhesiva en la dentina / adhesivo / resina compuesta y una falla cohesiva en la resina compuesta o la dentina

C - Falla cohesiva en la dentina

D – Falla cohesiva en la resina.

El 100% fue tomado como el total de muestras (n=20).

Modo de falla

| Modo de falla | Material 2 | % | Material 3 | % |
|----------------------|-------------------|----------|-------------------|----------|
| Adhesiva | 14 | 70 | 15 | 75 |
| Mixta | 2 | 10 | 4 | 20 |
| Cohesiva en dentina | 2 | 10 | 0 | 0 |
| Cohesiva en resina | 2 | 10 | 1 | 5 |

El comportamiento de ambos materiales es muy similar.

Conclusiones

- Es necesario realizar el análisis estadístico para determinar diferencia entre las propiedades de los tres materiales
- Su comportamiento se debe correlacionar con su composición
- El material 3 demostró los mejores valores de sus propiedades mecánicas
- El material 1 tuvo un comportamiento intermedio
- El material 2 demostró las propiedades más bajas
- Los dos materiales probados para resistencia de unión microtensil, tuvieron un comportamiento óptimo y similar.