

# Determinación del módulo de *Young* en aleaciones de cobalto-cromo nuevas y reutilizadas, coladas en centrífuga convencional y por inducción\*

Young's module in new and reused cobalt-chromium alloy, cast in conventional centrifuge and by induction machine

Alejandra Flórez Alvarado\* \*\*

Angélica González Marín †

Hyung Kuk Kim †

Juan Carlos Romero Mesa\* \*\*

Daniel Henao Pérez\* \*\*\*

*Univ Odontol* 2008 Ene-Dic; 27(59): 6-14

## RESUMEN

**PROPÓSITO:** Estudiar las posibles alteraciones de las propiedades mecánicas de aleaciones de cobalto-cromo (módulo de Young), al comparar materiales reciclados y procedimientos de colado, para establecer si estas aleaciones se pueden reutilizar en la elaboración de estructuras para prótesis parcial removible. **MÉTODOS:** Para este estudio experimental *in vitro* se tomaron 60 especímenes colados en aleación de Co-Cr en forma de probeta, los cuales se dividieron en 2 grupos, según el tipo de aleación, Wironit L.A® de Bego y Remanium® 800 de Dentaaurum. Cada grupo se dividió en 6 subgrupos de 5 especímenes cada uno según el estado del material y la centrífuga empleada en su elaboración: material nuevo en centrífuga por inducción, material 50% nue-

vo-50% reutilizado en centrífuga por inducción, material reutilizado totalmente en centrífuga por inducción, material nuevo en centrífuga convencional, material 50% nuevo-50% reutilizado en centrífuga convencional, y material reutilizado totalmente en centrífuga convencional. **RESULTADOS:** El estado del material es el factor que más ocasionó variabilidad en el módulo de Young, siendo el 50% nuevo-50% reutilizado significativamente mayor que los otros dos estados del material, mientras que al comparar el estado nuevo y reutilizado los valores son similares. El módulo de Young se vio menos afectado por el tipo de centrífuga que se utilice en el proceso de colado. El tipo de aleación de cobalto-cromo Wironit® y Remanium® no estuvo asociado de manera significativa a la variación del módulo de Young, a pesar de presentar ciertas diferencias en los por-

centajes de los elementos constituyentes de las aleaciones (á=005).

## PALABRAS CLAVE

Módulo de Young, aleaciones cobalto-cromo, prótesis parcial removible, centrífuga, aleación nueva, aleación reciclada

## ÁREAS TEMÁTICAS

Prostodoncia, laboratorio dental

## ABSTRACT

**PURPOSE:** Analyze the possible alterations of mechanical properties of cobalt-chromium alloys measured through the Young's module, when comparing new and/or recycled materials and casting techniques, in order to establish if those alloys can be reused to fabricate removable partial dentures. **METHODS:** For this experimental *in vitro* study, 60 specimens casted in Co-Cr alloys were assigned to two groups according to the type of alloy, Bego's Wironit L.A® and Dentaaurum's Remanium® 800. The two groups were divided into 6 subgroups of 5 specimens each regarding state of the material and type of centrifuge used: new material with induction centrifuge, 50%-new-and-50%-recycled material with induction centrifuge, recycled material with induction centrifuge, new material with conventional centrifuge, 50%-new-and-50%-recycled material with conventional centrifuge, and recycled material with conventional centrifuge. **FINDINGS:** The state of the material is the factor that was more

\* Artículo correspondiente al trabajo de grado para optar al título de especialista en Rehabilitación oral.

\*\* Odontólogo, rehabilitador oral, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., Colombia.

\*\*\* Odontólogo, médico, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., Colombia.

\*\*\*\* Odontólogo, docente, Pontificia Universidad Javeriana. Especialista en rehabilitación oral, Universidad Militar Nueva Granada-Fundación CIEO. Bogotá D.C., Colombia. Director del trabajo.

associated to the variation of the Young's module, being the 50%-new-and-50%-recycled material that showed the highest variation. When comparing new and used materials, values were similar. Young's module was less affected by the type of centrifuge used. There was not a significant association between the kind of Co-Cr alloy, Wironit® y Remanium®, and the variation in the Young's module, in spite of presenting variations in composition ( $\alpha=005$ ).

#### KEY WORDS

Young's module, cobalt-chromium alloys, removable partial dentures, centrifuge, unused alloy, recycled alloy

#### THEMATIC FIELD

Prosthodontics, dental laboratory

#### INTRODUCCIÓN

Para elaborar prótesis parcial removible (PPR) es indispensable tener en cuenta que durante los movimientos masticatorios se presentan sistemas de palanca y plano inclinado. Estas palancas se generan tanto en los movimientos funcionales como en los parafuncionales, y se localizan precisamente en los fulcros de estas palancas. Es por ello que cualquier diseño debe estar encaminado a minimizar todos los movimientos rotatorios y para esto se deben tener en cuenta todas las partes constitutivas de una PPR, dentro de las que se encuentran los retenedores directos, que a su vez son los que más presentan fracturas en la estructura de una prótesis parcial removible, ya sea por cargas oclusales o por el constante estrés que se genera cada vez que se retira y se asienta la prótesis en boca. <sup>1</sup> Por esta razón los retenedores deben tener características especiales que les proporcionen propiedades como retención, soporte, estabilidad, reciprocidad, pasividad y flexibilidad. <sup>2</sup> Se ha dicho que la elasticidad es la caracte-

rística de la que depende aumentar o disminuir su longevidad, debido a que el retenedor está sometido a fuerzas que hacen que el material con que es construido se fatigue y llegue a la fractura.

Para la elaboración de la estructura de las PPR se utilizan aleaciones que permitan exactitud en la reproducción de detalles, estabilidad y retención, además de un pequeño volumen que no interfiera en la fisiología del sistema estomatognático. Es entonces fundamental para el clínico determinar si la aleación o material utilizado cumple con esas características. Por esto, esta investigación se centró en la elasticidad que le proporciona el material a los retenedores. Esta propiedad es medida con el módulo de Young o módulo elástico, que representa la rigidez de un material dentro del intervalo de elasticidad y los cambios que puede sufrir el material con los diferentes procesos de laboratorio, determinándose a partir de la curva de tensión deformación.

La elasticidad depende de las fuerzas interatómicas del material y cuanto más intensas sean las fuerzas básicas de atracción, mayores serán los valores del módulo elástico y la rigidez del material. Esta propiedad suele ser independiente de cualquier tratamiento térmico o mecánico que el metal haya recibido, pero dependen considerablemente de los elementos que constituyen la aleación metálica, y cada uno de los cuales incorpora una función específica, normalmente referida a características mecánicas. <sup>3, 4</sup>

Las aleaciones comúnmente utilizadas para la elaboración de estos retenedores son de cobalto-cromo; su módulo de elasticidad es de 225.000 Mpa, cerca del doble del que poseen las aleaciones de oro, por lo que se consideran rígidas y muy frágiles, lo que dificulta ser trabajadas mediante labrado.

La técnica más utilizada para fabricar estructuras de PPR es el colado convencional que requiere revestimientos que soporten las temperaturas de fusión del metal y además es muy difícil lograr el control de la temperatura. Hace algunos años se creó la centrífuga por inducción que permite el control de la temperatura de fusión del metal y una cámara hermética, evitando la contaminación por el aire y mejorando el producto final del colado.

El empleo de aleaciones rígidas no siempre es conveniente en la PPR, ya que no permite el paso de retenedores por ecuadores muy marcados. Sin embargo, se utilizan porque son más económicas. La aleaciones de Co-Cr son muy frágiles y se endurecen con rapidez debido al trabajo mecánico, por lo que pequeños ajustes de los retenedores pueden incluso producir su fractura. Ello condiciona que el acabado y el pulido superficial sean difíciles. Aunque esta aleación tiene un bajo costo en Colombia, al elaborar la estructura metálica de una PPR se emplean materiales reciclados, es decir, que algunos laboratorios emplean metales o aleaciones que ya han sido fundidos y utilizados para la elaboración de otras estructuras metálicas. Teóricamente, la aleación puede ser reutilizada sin cambiar sus propiedades si se mantienen las mismas condiciones de colado. No obstante, al incorporarse otros elementos como óxidos y partículas de revestimiento al realizar el procedimiento del nuevo colado, estas propiedades pueden ser cambiadas. Además al someter el material a tratamientos térmicos con diferentes temperaturas, se puede formar diferente organización de las fases, lo que podría cambiar de alguna manera el comportamiento del material, siendo posible que se altere la sobrevida del retenedor.

Por eso se consideró necesario saber si se alteran las propiedades mecánicas de las aleaciones de Co-Cr, en este caso el módulo de Young, cuando

se emplean materiales reciclados y diferentes procedimientos de colado, para establecer si estas aleaciones se pueden o no reutilizar en la elaboración de estructuras de PPR, sin favorecer fracturas de los retenedores directos y por consiguiente al fracaso de la prótesis removible.

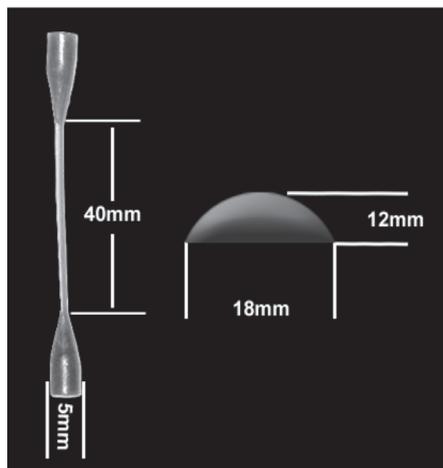
## MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio experimental *in vitro* se tomaron 60 especímenes colados en aleación de Co-Cr en forma de probeta según la Norma Técnica Colombiana 2 (figura 1).<sup>5</sup> Se dividieron en 2 grupos, según el tipo de aleación A (Wironit L.A®, Bego) y B (Remanium® 800, Dentaurum); cada grupo se dividió en 6 subgrupos de 5 especímenes cada uno según el estado del material y la centrifuga empleada en su elaboración:

- Subgrupo 1: material nuevo en centrifuga por inducción
- Subgrupo 2: material 50% nuevo / 50% reutilizado en centrifuga por inducción
- Subgrupo 3: material reutilizado totalmente en centrifuga por inducción
- Subgrupo 4: material nuevo en centrifuga convencional
- Subgrupo 5: material 50% nuevo / 50% reutilizado en centrifuga convencional
- Subgrupo 6: material reutilizado totalmente en centrifuga convencional

Primero, se elaboraron las probetas de material nuevo y el botón remanente fue empleado en la confección de las probetas de los otros subgrupos, manteniendo el porcentaje de peso estipulado (100% reutilizado, 50% nuevo y 50% reutilizado). El material reutilizado fue usado únicamente en un proceso de colado preliminar. Las probetas estaban compuestas por 3 partes: 2 cabezas cónicas obtenidas de

una matriz de silicona de adición y una parte activa obtenida de un patrón de cera con una medida estándar de 40 mm de longitud, 1.02 mm de grosor y 1.8 mm de ancho, de la casa comercial Bego referencia 40029 de forma semilunar. El patrón se pesó y se multiplicó por el peso específico del metal que, para el Remanium® 800 y Wironit L.A® es de 8.2 g/cm<sup>3</sup>. Para el revestido de los patrones de cera se utilizó un revestimiento Wiroquick® (Bego) y el líquido de mezcla Begosol®; las proporciones se mantuvieron según indicaciones de la casa comercial. La mezcla se realizó al vacío en una Motova® (Bego) durante 45 segundos y luego fue introducida en una máquina al vacío Wiropress® (Bego) por 5 minutos a 4.5 bares de presión, para eliminar las burbujas producidas en el revestimiento.



**Figura 1.** Forma y dimensiones del espécimen.

Se utilizaron dos crisoles para cada centrifuga, uno por aleación. En la centrifuga por inducción, el proceso de fundición y colado se realizó con una centrifuga de alta frecuencia Nautilus T® (Bego), utilizando una temperatura de colado para el Remanium de 1460°C, para el Wironit LA de 1450°C y en la centrifuga convencional se utilizó un soplete con una mezcla de gas-oxígeno. Después de realizar el colado, se

dejó enfriar el anillo a temperatura ambiente durante 20 minutos aproximadamente. Posteriormente, se eliminó con cuidado el revestimiento con un martillo neumático y el revestimiento residual se eliminó utilizando óxido de aluminio con un grano de 200-500μ. El pulimento de los especímenes se realizó con una piedra montada blanca para eliminar óxidos.

Para realizar la prueba de módulo de Young, se utilizó una máquina universal marca Instron® referencia 5586, con un programa Series IX para Windows versión 1994. Cada espécimen se sometió a fuerzas de tensión-deformación con una velocidad y tiempo controlado por la máquina. Se inició con una fuerza de 0 Newtons y se incrementó con una velocidad de 5 mm/min (rango recomendado para materiales metálicos 0.5-20 mm/min). Los datos se dieron en megapascales (Mpa).

Para el análisis se utilizó estadística descriptiva que incluyó promedios y desviación estándar; se construyeron intervalos de confianza del 95% para la media, se valoró la normalidad en la distribución de los datos con la prueba de Kolmogorov Smirnov y Shapiro-Wilk. Se utilizó un modelo factorial completo, para valorar la información obtenida ( $\alpha=0.05$ ). Para comparar la variable del estado del material (tres grupos independientes) con la variable "módulo de Young" se utilizaron las pruebas de H de Kruskal Wallis y U de Mann Whitney.

## RESULTADOS

En general, se hicieron pruebas a 60 especímenes, que quedaron distribuidos equitativamente en 12 grupos. El módulo de Young para los 60 especímenes tuvo un promedio de 234.0266 Mpa,  $DE_{\pm}102.327$  y varió entre 59.979 Mpa y 604.866 Mpa. Para efectos del análisis inferencial, se utilizaron intervalos de confianza y se tomaron las decisiones estadísticas con

pruebas no paramétricas por no encontrar normalidad en la distribución de los datos ( $p=0.005$ ). Se procedió en función de las variables independientes de manera separada para luego presentar en modelo factorial completo.

**Tipo de aleación**

Para analizar el módulo de Young según el tipo de aleación (A y B), la tabla 1

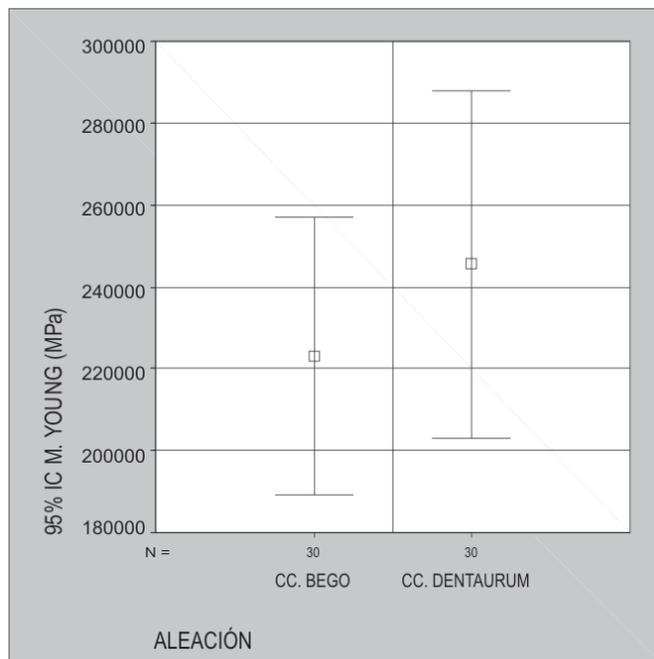
muestra los promedios con sus respectivos intervalos de confianza. Como se puede apreciar la aleación A (Bego) presentó un promedio de  $223.075 \pm 90.750$  Mpa y la aleación B (Dentaurum) presentó un promedio de  $245.456 \pm 113.173$  Mpa. La distribución se puede apreciar en la figura 2, con lo cual se puede deducir que estos datos no muestran evidencia de diferencia significativa en el

valor del módulo de Young con respecto al tipo de aleación, sin tener en cuenta las otras variables (tipo de centrífuga y estado del material). La prueba de U de Mann Whitney mostró una  $p=0.478$  que para efecto llevó a la decisión de aceptar la hipótesis nula de diferencias del módulo de Young entre los dos tipos de aleación.

**Tabla 1**  
**Variación del módulo de Young según el tipo de aleación**

M. YOUNG (MPa)

	N	Media	Desviación típica	Error Típico	Intervalo de confianza para la media al 95%			
					Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
CC. BEGO	30	223075,6	90750,1	16568,6	189189,0	256962,3	102913	401100,1
CC. DENTAURUM	30	245456,6	113173,3	20662,5	203197,0	287716,2	59979,7	604866,8
Total	60	234266,1	102327,4	13210,4	207832,1	260700,1	59979,7	604866,8



**Figura 2.** Variación del módulo de Young según el tipo de aleación.

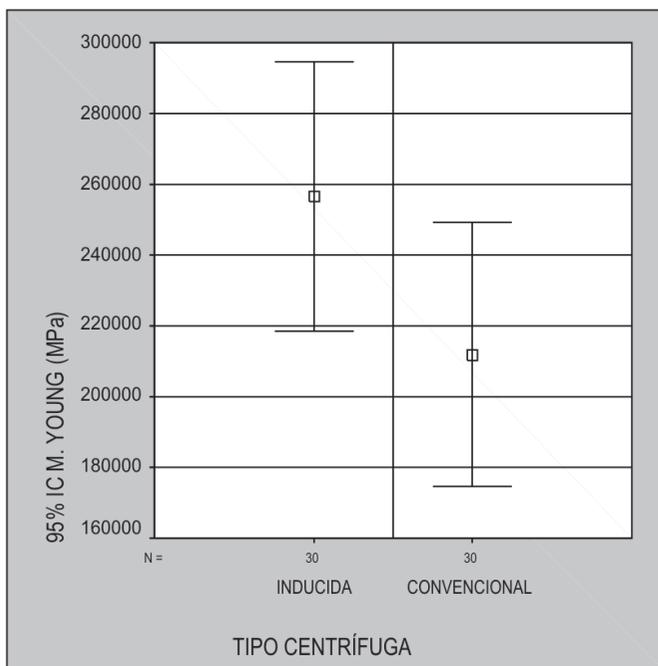
**Tipo de centrífuga**

Al analizar el comportamiento de los materiales, según la centrífuga utilizada en la totalidad de las muestras, se construyeron los intervalos de confianza (tabla 2). Se observa que el promedio con la centrífuga por inducción fue de  $256.584 \pm 101.414$  Mpa, mientras que con la convencional el nivel fue de  $211.947 \pm 99.936$  Mpa. Para el efecto, la prueba U de Mann Whitney arrojó un valor de  $p=0.051$  concluyéndose que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las 2 centrífugas. Lo anterior lleva a afirmar que el promedio de módulo de Young es más alto para la centrífuga por inducción que para la centrífuga convencional; por lo tanto, los especímenes colados con la centrífuga por inducción son más rígidos. Los respectivos intervalos de confianza se encuentran en la figura 3.

**Tabla 2**  
Variación del módulo de Young según el tipo de centrífuga

M. YOUNG (MPa)

	N	Media	Desviación típica	Error Típico	Intervalo de confianza para la media al 95%			
					Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
INDUCIDA	30	256584,7	101414,7	18515,7	218715,9	294453,6	117837,2	604866,8
CONVENCIONAL	30	211947,4	99936,6	18245,8	174630,5	249264,4	59979,7	453846,1
Total	60	234266,1	102327,4	13210,4	207832,1	260700,1	59979,7	604866,8



**Figura 3.** Variación del módulo de Young según el tipo de centrífuga.

**Estado del material**

En la tabla 3 se encuentran los promedios del módulo de Young, según el estado del material. Se encontró que el promedio obtenido fue menor con el material reutilizado  $192.850 \pm 60.831$  Mpa, seguido por el material nuevo con  $203.457 \pm 112.974$  Mpa, y superior en 50% nuevo-50% reutilizado con  $306.490 \pm 88.065$  Mpa (figura 4). Como se observa, no se dio superposición de los intervalos de confianza del módulo de Young de material 50% nuevo-50% reutilizado con el material nuevo y el reutilizado totalmente, indicando que la mezcla de material nuevo con reutilizado da valores significativamente superiores a los otros dos estados del material  $p=0.000$ . Además, al comparar los intervalos de confianza entre el material nuevo y el totalmente reutilizado no presentaron diferencias significativas.

**Tabla 3**  
Variación del módulo de Young según el tipo de material

M. YOUNG (MPa)

	N	Media	Desviación típica	Error Típico	Intervalo de confianza para la media al 95%			
					Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
NUEVO	20	203457,0	112974,5	25261,9	150583,3	256330,8	5997	453846,1
50/50%	20	306490,6	88065,9	19692,1	265274,4	347706,7	189968,4	604866,8
REUTILIZADO	20	192850,7	60831,6	13602,4	164380,6	221320,8	103719,1	383251,9
Total	60	234266,1	102327,4	13210,4	207832,1	260700,1	59979,7	604866,8

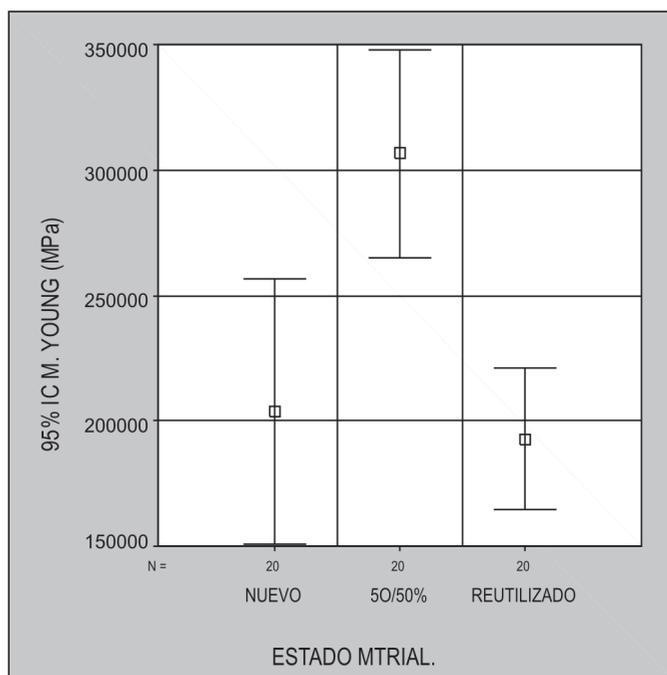


Figura 4. Variación del módulo de Young según el tipo de material.

**Tabla 4**  
Variación del módulo de Young según el tipo de aleación, material y centrífuga

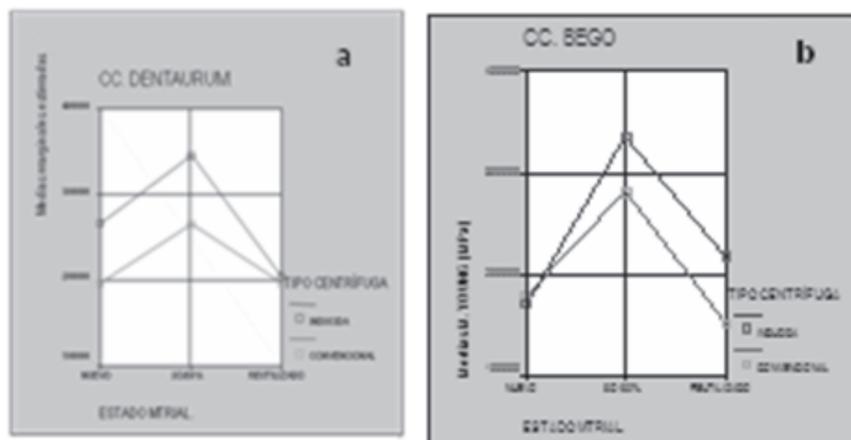
Variable independiente: M. Young (Mpa)

Aleación	Tipo centrífuga	Estado material	Media	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
CC. BEGO	Inducida	Nuevo	171141,2	89357,0	252925,4
		50/50%	336047,5	254263,3	417831,7
		Reutilizado	218360,4	136576,2	300144,6
CC. DENTAURUM	Convencional	Nuevo	180495,4	98711,2	262279,6
		50/50%	280474,1	198689,9	362258,3
		Reutilizado	151935,1	70150,9	233719,3
CC. BEGO	Inducida	Nuevo	265613,2	183829,0	347397,4
		50/50%	347397,4	262351,7	425920,1
		Reutilizado	204210,2	122426,0	285994,4

Con el objeto de valorar las 3 variables independientes del material simultáneamente, de manera que se pueda evaluar tanto las hipótesis de los efectos principales como las hipótesis de interacción de primero y segundo orden, se utilizó la prueba de análisis de balanza factorial bajo un diseño de 2X3X2 (tabla 4). Los promedios se pueden apreciar en las figuras 5a y 5b (Bego A y Dentaurum B).

Al revisar la tabla 4 se muestra que los especímenes más rígidos se obtuvieron en el tipo de aleación B (Dentaurum), 50%-50% con la centrífuga por inducción, seguidos por aleación A (Bego) 50%-50% con centrífuga por inducción, y los especímenes más flexibles se obtuvieron en la aleación A (Bego), reutilizados con la centrífuga convencional. En general, el módulo de Young tiende a ser mayor en el material donde se usa 50% nuevo-50% reutilizado con respecto a los otros dos estados del material. Al analizar el comportamiento de la aleación A, se observa que con material nuevo utilizando centrífuga por inducción o la convencional no se presentan diferencias, y los valores de 50%-50% son mayores que los de la aleación nueva y a su vez son mayores los valores obtenidos con la centrífuga por inducción (figura 5a). Por su parte, en la aleación B, con el material reutilizado, se presentaron los menores valores del módulo de Young y valores de 50%-50% mayores que los de la aleación nueva, que a su vez son mayores los valores obtenidos con la centrífuga por inducción (figura 5b).

Finalmente al analizar las interacciones de primer y segundo orden (tabla 5) se observa que no son significativas y sólo hubo significancia al comparar el estado del material. Esto lleva a inferir que en conjunto el comportamiento de los materiales no se ve tan afectado por la acción combinada del tipo de aleación y el tipo de centrífuga.



**Figura 5.** Variación del módulo de Young según el tipo de aleación, material y centrífuga.

**Tabla 5**  
**Prueba de los efectos intersujetos**

Variable dependiente: M. Young (Mpa)

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significancia
Aleación	7513590415,0	1	7513590415,0	1	0.35
Centrífuga	29887323805,6	1	29887323805,6	4	0.06
Estado	157616104665,0	2	78808052332,6	10	0
Aleación					
* Estado	9013790736,5	2	4506895368,3	1	0.58
Centrífuga					
* Estado	3942367430,5	2	1971183715,3	0	0.79
Aleación					
* Centrífuga					
* Estado	11971180854,7	2	5985590427,4	1	0.49
Error	397085118068ere	48	8272606626,4		
Total	3910619502758,4	60			

**DISCUSIÓN**

El objetivo de este estudio era comparar el módulo de Young de aleaciones nuevas y reutilizadas, o combinación de éstas, usando dos diferentes tipos de formulaciones de cobalto-cromo, y dos tipos de centrífuga. Esta información es útil en el momento de elegir la aleación que va a ser usada en la fabricación de retenedores para PPR, con el fin de establecer si es adecuada o no la reutilización de estos materiales.

Dentro de la información disponible sobre las aleaciones de cobalto-cromo se encontró que el módulo de elasticidad corresponde en promedio a 225.000 Mpa. Sin embargo, cada casa comercial maneja diferentes rangos de módulo de Young, dependiendo de los porcentajes de sus componentes.<sup>6</sup> En esta investigación, al analizar los dos tipos de aleaciones sin someterlas a ningún procedimiento térmico (material nuevo), se encontró que la aleación A

(Bego) se acerca más al valor propuesto para esta formulación de cobalto-cromo, mientras que para la aleación B (Dentaurum) se encontró un valor inferior al promedio referenciado. Esto puede ser explicado debido a que las dos aleaciones tienen diferentes porcentajes de sus elementos constitutivos, la aleación A presenta 63,5% de cobalto<sup>6</sup>, que la hace más flexible y por lo tanto su comportamiento mecánico diferente. Con ello se corrobora lo que menciona Wataha en 2000.<sup>4</sup> Aun así, vale la pena anotar que el diseño de la probeta empleada en las pruebas mecánicas fue hemisferoidal, lo cual pudo variar los promedios.

En la presente investigación se evidenció que la variable que más influyó en el módulo de Young fue el estado del material, seguido por el tipo de centrífuga, en tanto que el tipo de aleación fue el que menos influencia tuvo.

Se encontró que las probetas coladas con aleaciones reutilizadas en centrífuga convencional fueron las más flexibles. Se piensa que esto puede suceder por la presencia de contaminantes como los óxidos de los metales o residuos de revestimiento, que ocasionaron en la aleación un aumento de los espacios interatómicos y la energía interna, disminuyendo de esta manera las fuerzas interatómicas; dando como resultado un incremento en la elasticidad de la aleación ya que el módulo de Young disminuyó.<sup>7</sup>

Por otro lado, las aleaciones reutilizadas y coladas en centrífuga por inducción mostraron un módulo de Young más alto que las coladas en la centrífuga convencional, lo que puede ser explicado porque en el proceso de colado en la centrífuga por inducción se puede controlar la temperatura de fusión y evitar la contaminación con partículas del aire, ya que ésta realiza el proceso dentro de una cámara hermética.

Para Craig, los contaminantes son un factor importante porque afectan las propiedades mecánicas de los metales, más que los cambios térmicos a los que puede ser sometido el metal.<sup>3</sup> En el presente estudio, el material reutilizado fue obtenido de remanentes usados sólo una vez y colados con el mismo tipo de centrífuga, antes de elaborar las probetas que fueron sometidas a las pruebas mecánicas. Se piensa que la variación en la temperatura entre la primera y la segunda vez en que se usó el metal pudo no afectar de manera importante los resultados.

Al analizar el estado del material donde se combinó 50% nuevo-50% reutilizado, se encontraron los valores más altos para el módulo de Young en comparación con los otros dos estados del material, registrándose nuevamente valores más altos en la centrífuga por inducción que en la convencional. Este aumento en la rigidez al combinar dos estados del material se dio posiblemente, por una distribución diferente en la red de la aleación que aunque tiene el mismo porcentaje de cada uno de los estados del material, puede presentar una distribución no homogénea, produciéndose planos y direcciones diferentes de deslizamientos del metal, con un empaquetamiento más compacto de los átomos donde la magnitud de la resistencia al deslizamiento es mínima; es decir, el enlace entre ellos es mínimo aumentando el valor del módulo de Young.<sup>7</sup>

En general, el tipo de aleación (A y B) no parece ser importante cuando se registró el módulo de Young, aunque las dos aleaciones tienen un porcentaje diferente de elementos constitutivos esta diferencia no es significativa.

Los datos obtenidos en la investigación muestran que el estado del material es una variable importante en el momento de diseñar estructuras para

prótesis parciales removibles, principalmente porque los retenedores directos deben tener características especiales que les proporcionen propiedades como retención, soporte, estabilidad, reciprocidad, pasividad, flexibilidad, y especialmente la elasticidad, ya que es la característica de la que depende aumentar o disminuir su longevidad, debido a que el retenedor está sometido a fuerzas que hacen que el material con que es construido se fatigue y llegue a la fractura.<sup>2</sup>

El módulo de elasticidad de las aleaciones de Co-Cr es cerca del doble del que poseen las de oro, material que se considera ideal para la elaboración de las estructuras de PPR. Esto significa que las aleaciones de Co-Cr son más rígidas por lo que no siempre es conveniente su uso, ya que no permite el paso de retenedores por ejemplares muy marcados.<sup>8</sup> Sin embargo, se utilizan porque son más económicas.

Aunque esta aleación tiene un bajo costo en Colombia, al elaborar la estructura metálica de una PPR se emplean materiales reciclados. El presente estudio mostró que mezclados 50% nuevo-50% reutilizado, la rigidez de la aleación aumenta, siendo posible que se altere la sobrevida de los retenedores, presumiendo que entre más veces se reutilice el metal peor será el comportamiento de la aleación.

La introducción del colado por inducción se ofrece en la actualidad por la garantía del control de muchas de las variables que intervienen en el procedimiento de colado y por la alta capacidad de copia. No obstante, el presente estudio mostró que los valores del módulo de Young de las aleaciones de Co-Cr obtenidos con este tipo de centrífuga sobrepasaron los valores obtenidos con la centrífuga convencional resultado no deseable para la fabricación de retenedores directos de PPR.

Las limitaciones de este estudio se refieren principalmente al tamaño de la muestra y al desbalance en algunos grupos por lo que dados los resultados sería interesante profundizar en el estudio del uso de estas aleaciones.

## CONCLUSIONES

El estado del material es el factor que más ocasionó variabilidad en el módulo de Young, siendo el 50% nuevo-50% reutilizado significativamente mayor que los otros dos estados del material, mientras que al comparar el estado nuevo y reutilizado los valores son similares.

El módulo de Young se ve menos afectado por el tipo de centrífuga que se utilice en el proceso de colado.

El tipo de aleación de cobalto-cromo Wironit® y Remanium® no influye de manera significativa en la variación del módulo de Young a pesar de presentar ciertas diferencias en los porcentajes de los elementos constituyentes de las aleaciones.

## RECOMENDACIONES

Aumentar el tamaño de la muestra para que el estudio pueda ser más concluyente.

Utilizar especímenes maquinados posterior al colado para mayor estandarización de los mismos, dándole una forma cilíndrica a la parte activa de la probeta, para lograr mayor exactitud en la medición del módulo de Young.

Se sugiere otro tipo de pruebas mecánicas como resistencia a la fractura y prueba de fatiga.

Estudiar diferentes porcentajes de combinación en el material nuevo/reutilizado.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Dharmar S. Radiographic and metallographic evaluation of porosity defects and grain structure of cast chromium cobalt removable partial denture. *J Prost Dent* 1993 Apr; 69 (4): 412-9.
2. McGivney GP, Carr AB, McCracken WL. *McCracken's removable partial Prosthodontics*. 8ª ed., St. Louis, MO: Mosby, 2002.
3. Craig RG. *Materiales de odontología restauradora*. 10ª ed. Madrid, España: Harcourt Brace, 1998.
4. Wataha JC. Biocompatibility of dental casting alloys: A Review. *J Prost Dent* 2000; 83(2): 223-33.
5. Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC. Norma técnica colombiana #2: Prueba mecánica ensayo de tracción para materiales metálicos.
6. Perfil técnico de Wironit LA® y Remanium 800®.
7. Anusavice K. *La ciencia de los materiales dentales*. 10ª ed. México: McGraw-Hill, 1998.
8. Mallat E, Keogh TP. *Prótesis parcial removible*. Clínica y laboratorio. Madrid, España: Mosby, 1995.

## AGRADECIMIENTOS

A los laboratorios dentales SGD y CITEC, por el aporte para el desarrollo de este estudio.

## CORRESPONDENCIA

Daniel Henao Pérez  
Pontificia Universidad Javeriana,  
Facultad de Odontología,  
Departamento del sistema Dentario.  
Carrera 7 # 40-62, edificio 26.  
Bogotá D.C., Colombia.  
Teléfono: +57-1-3208320,  
extensión: 2889.  
Correo electrónico:  
danielhenao@javeriana.edu.co

Alejandra Flórez Alvarado  
Carrera 7 # 46-20,  
apartamento 1003.  
Bogotá D.C., Colombia.  
Teléfono: +57-1-2322308.  
Correo electrónico:  
aleafa2506@hotmail.com

Angélica González Marín  
Carrera 55B # 125B-36,  
apartamento 401.  
Bogotá D.C., Colombia.  
Teléfono: +57-1-6131786.  
Correo electrónico:  
angelicagonma@hotmail.com

Hyung Kuk Kim  
Carrera 35 # 91-28,  
Bogotá D.C., Colombia.  
Teléfono: +57-1-6163798.  
Correo electrónico:  
tmask10@hotmail.com

Juan Carlos Romero Mesa  
Carrera 8 # 47-73,  
apartamento 604.  
Bogotá D.C., Colombia.  
Teléfono: +57-1-2453546.  
Correo electrónico:  
jcromero\_mesa@hotmail.com