



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO



CENTRO UNIVERSITARIO DE ESTUDIOS DE
POSTGRADO E INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**COMPARACIÓN DE COMPOSICIÓN, RUGOSIDAD Y DUREZA
EN ARCOS ORTODÓNCICOS DE COPPER NITTI CALIBRE
0.018 X 0.025 MARCA ORMCO Y TD.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE:
ESPECIALISTA EN ORTODONCIA.

PRESENTA:

C.D. NOEMI SALGADO ROSAS.

ASESOR:

C.D.E.O. VIDAL ALMANZA AVILA.

MORELIA, MICHOACÁN.

DICIEMBRE 2022.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a mis padres; Artemio y María por apoyarme en todo momento a lograr mis metas, estar siempre al pendiente de todo lo que necesito y ser mi fuente de inspiración, a mis hermanos Miriam, Yesica Y Oliver por creer en mí y alentarme en todo momento, a mis sobrinos Getze, Iker y Yami por alegrarme la vida . Sin su presencia nada de esto hubiera sido posible, gracias infinitas los amo.

A Dios por su protección y estar siempre en cada uno de mis pasos.

Gracias a todos mis profesores que fueron parte importante en mi formación como especialista: principalmente al Dr. Vidal por su gran colaboración y disposición para con este proyecto, a la Dra. Araceli y Dr. Saldaña por sus valiosas revisiones y así como a la Dra. Liz, Dra. Zuleica, Dr. Fabián, Dr. Sara. Dr. Renato. Siempre los tendré presentes.

Y al instituto de instituto de investigaciones metalúrgicas de la UMSNH por todas sus atenciones y facilidades brindadas para realizar esta investigación.

ÍNDICE GENERAL.

1. ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
2. RESUMEN.....	8
3. ABSTRACT.....	9
4. INTRODUCCIÓN.....	10
5. ANTECEDENTES.....	13
5.1 ALAMBRES EN ORTODONCIA.....	13
5.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ALAMBRES.....	13
5.1.2 ALEACIONES DE NÍQUEL TITANIO.....	15
5.1.3 PROPIEDADES DEL NÍQUEL TITANIO.	15
5.1.4 FASES DEL NÍQUEL TITANIO.....	17
5.2.1 ALAMBRES DE NÍQUEL TITANIO EN ORTODONCIA.....	21
5.2.2 APLICACIONES CLÍNICAS DE LOS ARCOS DE NÍQUEL TITANIO.....	23
5.3.1 COBRE.....	24
5.3.2 ALEACIÓN COPPER NITI.....	25
5.4.1 TEXTURA DE SUPERFICIES.....	26
5.4.2 RUGOSIDAD.....	27
5.4.3 DUREZA.....	28
5.5.1 MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO.....	29
5.5.2 TIPOS DE MICROSCOPIOS ELECTRÓNICOS DE BARRIDO.....	30
5.5.3 EL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO CONVENCIONAL.....	31
5.6.1 PERFILÓMETRO ÓPTICO.....	32
5.7.1 MICRODURÓMETRO.....	33
6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	34
7. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.	35
8. JUSTIFICACIÓN.....	36
9. HIPÓTESIS.	37
10. OBJETIVO	38

11. MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
12. RESULTADOS.....	42
13. DISCUSIÓN.	74
14. CONCLUSIONES.	76
15. BIBLIOGRAFÍA.	77

1. ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Propiedades físicas de los alambres.	13
Figura 2. Transformación clínicamente visible de la fase martensita a austenita.....	17
Figura 3. Diagrama de la transición de las fases austenita a martensita.....	18
Figura 4. Fase de transformación.....	19
Figura 5. Cambio de aleación con la temperatura.....	20
Figura 6. Cambio de la estructura en el cambio de fases.....	21
Figura 7. Tabla datos básicos del cobre.....	24
Figura 8. Formas de textura superficial.....	26
Figura 9. Ecuación Ra.....	28
Figura 10. Fórmula Vickers.....	29
Figura 11. Primer instrumento para ver objetos pequeños.....	30
Figura 12. Microscopio electrónico de barrido.....	31
Figura 13. Perfilómetro óptico.....	32
Figura 14. Microdurómetro.....	33
Figura 15. Muestra copper NiTi 0.018” x 0.25” marca TD.....	39
Figura 16. Muestra copper NiTi 0.018” x 0.25” marca ORMCO.....	39
Figura 17. Muestra fijada con cinta carbón conductora.....	40
Figura 18. Fotografía del microscopio electrónico de barrido.....	40
Figura 19. Muestra colocada en placa metálica fijada con masilla.....	40
Figura 20. Fotografía del perfilometro.....	40
Figura 21. Muestras montadas en baquelita.....	41
Figura 22. Fotografía del microdurometro.....	41
Figura 23. Muestra TD a magnificación 100x.....	42
Figura 24. Muestra TD a magnificación 100x indicando segmentos 1,2 y 3.....	42
Figura 25. Muestra TD en segmento 1 a magnificación 250x.....	43
Figura 26. Muestra TD en segmento 2 a magnificación 250x.....	43
Figura 27. Muestra TD en segmento 3 a magnificación 250x.....	44
Figura 28. Muestra TD en segmento 1 a magnificación 500x.....	44
Figura 29. Muestra TD en segmento 2 a magnificación 500x.....	45
Figura 30. Muestra TD en segmento 3 a magnificación 500x.....	45

Figura 31. Muestra ORMCO a magnificación 100x.....	46
Figura 32. Muestra ORMCO a magnificación 100x indicando segmentos 1,2 y 3.....	46
Figura 33. Muestra ORMCO en segmento 1 a magnificación 250x.....	47
Figura 34. Muestra ORMCO en segmento 2 a magnificación 250x.....	47
Figura 35. Muestra ORMCO en segmento 3 a magnificación 250x.....	48
Figura 36. Muestra ORMCO en segmento 1 a magnificación 500x.....	48
Figura 37. Muestra ORMCO en segmento 2 a magnificación 500x.....	49
Figura 38. Muestra ORMCO en segmento 3 a magnificación 500x.....	49
Figura 39. Comparativa entre muestra TD y muestra ORMCO a magnificación 100x.....	50
Figura 40. Comparativa entre muestra TD y muestra ORMCO en segmento 1 a magnificación 250x.....	50
Figura 41. Comparativa entre muestra TD y muestra ORMCO en segmento 2 a magnificación 250x.....	51
Figura 42. Comparativa entre muestra TD y muestra ORMCO en segmento 3 a magnificación 250x.....	51
Figura 43. Comparativa entre muestra TD y muestra ORMCO en segmento 1 a magnificación 500x.....	52
Figura 44. Comparativa entre muestra TD y muestra ORMCO en segmento 2 a magnificación 500x.....	52
Figura 45. Comparativa entre muestra TD y muestra ORMCO en segmento 3 a magnificación 500x.....	53
Figura 46. Superficie muestra TD de mapeo SE.....	54
Figura 47. Aleaciones presentes en muestra TD.....	54
Figura 48. Imagen de presencia de cobre.....	55
Figura 49. Imagen de presencia de níquel.....	55
Figura 50. Imagen de presencia de Titanio.....	56
Figura 51. Tabla porcentual elemental en segmento 1.....	57
Figura 52. Tabla porcentual elemental en segmento 2.....	58
Figura 53. Tabla porcentual elemental en segmento 3.....	59
Figura 54. Superficie muestra ORMCO de mapeo SE.....	60
Figura 55. Aleaciones presentes en muestra ORMCO.....	60

Figura 56. Imagen de presencia de cobre.....	61
Figura 57. Imagen de presencia de níquel.....	61
Figura 58. Imagen de presencia de Titanio.....	62
Figura 59. Tabla porcentual elemental en segmento 1.....	63
Figura 60. Tabla porcentual elemental en segmento 2.....	64
Figura 61. Tabla porcentual elemental en segmento 3.....	65
Figura. 62. Imágenes 3D de rugosidad de la superficie muestra TD.....	66
Figura. 63. Resultados otorgados por el perfilometro de muestra TD.....	67
Figura. 64. Imágenes 3D de rugosidad de la superficie muestra ORMCO.....	68
Figura. 65. Resultados otorgados por el perfilometro de muestra ORMCO.....	69
Figura 66. Prueba de dureza mediante el ensayo de Vickers marca TD.....	70
Figura 67. Tabla de resultados TD copper NiTi.....	71
Figura 68. Prueba de dureza mediante el ensayo de Vickers marca ORMCO.....	72
Figura 69. Tabla de resultados ORMCO copper NiTi.....	73

2. RESUMEN

Introducción: Los alambres por lo general son los aditamentos que generan las fuerzas que mueven los dientes durante el tratamiento de ortodoncia. Los alambres generan energía que luego liberan, produciendo estímulos en el ligamento periodontal. Además de sus propiedades mecánicas y físicas, tiene otros factores que determinan su rendimiento que es su superficie; las superficies afectan la seguridad, la fricción y el desgaste.

Materiales y métodos: El material utilizado fueron arcos ortodóncicos copper NiTi (níquel - titanio - cobre). Se seleccionaron las marcas TD y ORMCO un calibre 0.018" x 0.025". Para su composición las muestras fueron montadas sobre una cinta carbón conductor doble cara en el microscopio electrónico de barrido marca JEOL modelo JSM7600F. La prueba de rugosidad de la superficie se fijaron estas mismas dos muestras sobre una placa metálica fijadas con masilla en el perfilómetro óptico de la marca Nanovea Y el ensayo de dureza correspondientes al material se montaron en una resina llamada baquelita y se realizaron las mediciones correspondientes en un microdurómetro de la marca Mitutoyo modelo MH-200 aplicando una carga de 500 gr.

Resultados: En los arcos ORMCO se encontró mayor diferencia de porcentaje de composición elemental, pero en los arcos marca TD se observó la presencia en su composición de impurezas como aluminio y silicio. Fue significativa la diferencia de defectos de rugosidad mayores en el arco marca ORMCO en comparación con el arco marca TD. La dureza de los arcos marcas TD fue superior a la de la marca ORMCO, por lo cual podemos estar más seguros de la resistencia a la fuerza masticatorias.

Conclusión: Copper NiTi TD presentan características superiores que los arcos rectangulares Copper NiTi ORMCO, ya que estos presentaron durante el estudio las mejores propiedades tanto en composición elemental, como en características superficiales y dureza.

Palabras clave: Níquel, titanio, aleación, rugosidad, dureza.

3. ABSTRACT

Introduction: Wires are generally the attachments that generate the forces that move teeth during orthodontic treatment. The wires generate energy that they then release, producing stimuli in the periodontal ligament. In addition to its mechanical and physical properties, it has other factors that determine its performance, which is its surface; surfaces affect safety, friction and wear.

Materials and methods: The material used was copper NiTi (nickel-titanium-copper) orthodontic archwires. TD and ORMCO brands were selected with a 0.018" x 0.025" gauge. For its composition, the samples were mounted on a double-sided conductive carbon tape in the JEOL model JSM7600F scanning electron microscope. For the surface roughness test, these same two samples were fixed on a metal plate fixed with putty in the Nanovea brand optical profiler. And the hardness test corresponding to the material was mounted on a resin called Bakelite and the corresponding measurements were made on a Mitutoyo model MH-200 microdurometer applying a load of 500 gr.

Results: In the ORMCO wires, a greater difference in the percentage of elemental composition was found in their wire, but in the TD brand wires, the presence in their composition of impurities such as aluminum and silicon was observed. The difference in larger roughness defects in the ORMCO brand arch compared to the TD brand arch was significant. The hardness of the TD brand archwires was higher than that of the ORMCO brand, so we can be more sure of the resistance to masticatory force.

Conclusion: Copper NiTi TD presents superior characteristics than the Copper NiTi ORMCO rectangular archwires, since these presented the best properties in elemental composition, surface characteristics and hardness during the study.

Keywords: Nickel, titanium, alloy, roughness, hardness.

4. INTRODUCCIÓN

Los dientes apiñados, protuyentes e irregulares han sido un problema para muchas personas desde tiempos inmemorables y la intención de enmendar estas alteraciones se remontan mínimo 100 años a. C (1)

El movimiento ortodóncico es resultado de la aplicación de fuerzas sobre los dientes. Son aparatos que el especialista debe seleccionar, colocar y activar para que produzcan esas fuerzas necesarias.

Los alambres y elásticos por lo general son los aditamentos que generan las fuerzas que mueven los dientes durante el tratamiento de ortodoncia. Los alambres generan energía que luego liberan, produciendo estímulos en el ligamento periodontal. (2)

Al hablar de alambres, los cuales son el motor de la ortodoncia es necesario apropiarse de un vocabulario particular;

- “Resistencia: relación entre el trabajo necesario para romper el alambre y el seccionamiento del mismo.
- Límite de elasticidad: fuerza máxima que puede ser aplicada a un alambre sin que este se deforme permanentemente.
- Módulo de elasticidad: relación entre la intensidad de la fuerza y la deformación consecuente.
- Módulo de flexibilidad de carga: es el campo de elasticidad, el desplazamiento es proporcional a la carga., cuando más bajo es el módulo, es decir, la carga aplicada para determinar la flexibilidad, la fuerza desarrollada para desplazar un diente es constante.” (3)

Las aleaciones más importantes de uso ortodóncico para la fabricación de alambres se conocen como NiTi (níquel- titanio), β - titanio o tma (titanio-molibdeno), CuNiTi (cobre-níquel-titanio), entre otras. (4)

Las aleaciones con memoria de forma tienen la propiedad de ser fácilmente deformables en la fase martensita, pero cuando se calientan a través de su temperatura de transformación, regresa a austenita y recuperan su forma inicial.

Se añadió cobre a las aleaciones de NiTi para permitir el aprovechamiento de esta característica a la temperatura oral, lo que ha resultado en una mayor estabilidad tanto de la temperatura de transformación como de la fuerza aplicada a los dientes para un diseño y sección de alambre determinados. Los alambres de cobre-NiTi (Cu-NiTi) se fabricaron cuatro temperaturas de transición, una de las cuales presenta una transformación a 15° , superelástica 27°C y dos termoactivados 35°C y 40°.

Además de sus propiedades mecánicas y físicas, tiene otros factores que determinan su rendimiento que es su superficie; las superficies afectan la seguridad, la fricción y el desgaste, características superficiales afectan las propiedades físicas y mecánicas, por ejemplo, las grietas superficiales pueden ser puntos de concentración de esfuerzos.

La rugosidad es una característica que consta de irregularidades en la superficie, dichas irregularidades caracterizan la textura o acabado de la superficie, es crucial el evaluarlas ya que la rugosidad impide el establecimiento de capas protectoras y pasivas más perfectas presentando puntos más susceptibles al ataque de agentes activos, provocando la corrosión localizada y favoreciendo la adherencia de mayor cantidad de placa bacteriana.

Otra característica que nos interesa conocer es la dureza, que se define como la propiedad de los materiales que indica que tanto se opone a ser deformado, rayado, erosionado o penetrado, lo cual nos ayudará a conocer su resistencia a la tracción.

Se evaluarán estos tres aspectos mediante ensayos de análisis de superficie, rugosidad y dureza en arcos Cooper NiTi calibre 0.018" x 0.025" de dos marcas comerciales ORMCO Y TD. Y así poder determinar cuál de las dos marcas de arcos posee mejores propiedades físicas y químicas.

5. ANTECEDENTES

5.1 ALAMBRES EN ORTODONCIA

La palabra "ortodoncia" se originó de un término introducido por Lefoulon en 1841, nace de los vocablos griegos ortos (recto) y odontos (diente), y que deriva su propósito corregir las irregularidades de las posiciones dentarias.

El fin principal de esta especialidad fue principalmente estético y desde sus primeros tiempos se destinó en dientes recién erupcionados por ser los que más fácilmente responden a las fuerzas ortodónticas(fuerzas en las que a través de la aparatología ortodóncica influye directamente en los dientes y cambia su posición). Las piezas anteriores eran la primordial preocupación por ser las más visibles, enseguida el especialista empezó a preocuparse por el arco dentario completo. (5)

Cabe recordar que el desplazamiento de las piezas dentarias sucede después de un periodo de aplicación de fuerza de unas 4 horas. Durante la praxis un periodo de aplicación de fuerzas menor a 4 - 6 horas no genera ningún desplazamiento.

5.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ALAMBRES

✓ . Ley de Hooke

“Las tensiones inducidas son proporcionales a las deformaciones producidas hasta un determinado momento (LP) en cada material. Cuando aplicamos una carga a un alambre se produce una deformación proporcional a la fuerza aplicada. G”

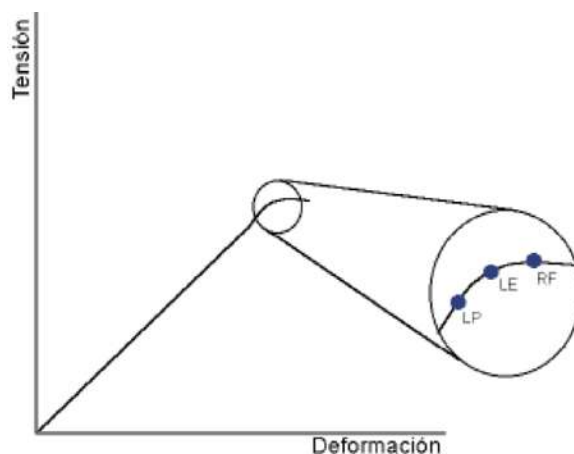


Figura 1 (Propiedades físicas de los alambres)

Fuente: Valdeiglesias 2006.

LP: Es el límite proporcional. Es aquel límite mediante el cual al aplicarse una tensión existirá una determinada deformación.

LE: Es el límite elástico. Aquí es donde finaliza la elasticidad. Entre LE y RF existe una pequeña elasticidad a nivel molecular pero no regresa a su estado original.

RF: Es la resistencia a la fluencia. Es la genuina deformación física.

✓ Elasticidad

Es la facultad de recuperar su dimensión inicial aun después que fue sometido a una fuerza sin que quede ninguna deformación.

✓ Rigidez

Resistencia que tiene un alambre a ser deformado. Sobre que un alambre sea más elástico o más rígido es definido por el módulo de Young.

“El módulo de Young es un valor constante para cada material y se obtiene de dividir el valor de la tensión por el valor de la deformación.”

✓ Resiliencia

Capacidad de almacenar energía que tiene un material cuando este se deforma, para enseguida ser liberada. Recuperación elástica de un material.

✓ Moldeabilidad o Formalidad

Competencia que tiene un alambre antes de llegar a su punto de fractura.

✓ Deflexión

Distancia a la que se traslada cualquier punto del alambre al someterlo a una fuerza.

✓ Rango o Amplitud de Trabajo

Distancia en línea recta a la que puede ser deformado un alambre sin que esta deformación sea permanente. (6)

5.1.2 ALEACIÓN DE NÍQUEL TITANIO

“ La aleación de Níquel-Titanio (NITI) fue un descubrimiento en los laboratorios militares navales de USA (NOL) por el Ingeniero William J. Buehler y colaboradores en el año 1958 que estudiaban activamente nuevos tipos de aleaciones que presentan un efecto de memoria de forma (SME). “

Por su alto costo y su manufactura, sus aplicaciones no eran muy frecuentes.

Debido al alto costo y a su manufactura, sus aplicaciones no fueron frecuentes. Si bien en el año 1962 las investigaciones se apresuraron y fue Frederick E. Wang de la NOL quien por su experiencia en física de los cristales brindó la base necesaria para comprender los cristales de estas aleaciones, lo cual fue fundamental para su triunfo comercial.

Dicha aleación tiene la virtud de poder ser deformada, calentada, y enfriada de tal manera que cuando es deformada y posteriormente calentada, el material tiene una memoria y vuelve a su forma inicial.

A pesar de contar con una extraordinaria elasticidad, su fragilidad es notable como una limitación, en consecuencia a que los alambres se rompieron frente a diversas pruebas. La mencionada fragilidad en gran parte permanece hoy, pero la fragilidad inicial que mostró el producto nitinol ha sido hace mucho reformada. (6)

5.1.3 PROPIEDADES DEL NÍQUEL TITANIO

Algunas propiedades que mantienen las aleaciones y que no varían con la composición o con el tratamiento termomecánico son:

Punto de fusión:	1310° C
Conductividad térmica en fase austenita:.....	18 W/m K
Conductividad térmica en fase martensita:.....	9 W/m K
Resistividad eléctrica.....	50-110 $\mu\Omega$ cm
Coef. De expansión térmica α austenita:.....	10-11 x 10 ⁻⁶ K
Coef. De expansión térmica α martensita:.....	6.7-11 x 10 ⁻⁶ K
Resistencia a la corrosión.....	Excelente

La característica particular de este metal es poseer una propiedad que se ha llamado superelasticidad. Reside en que los valores de fuerza son casi los mismos, independientemente del porcentaje de deformación, en el transcurso de cierto margen de deflexión.

Esto explica que al ser sujeto de un test de carga-deformación por flexión, la curva resultante muestra una primera porción lineal y una segunda casi plana. El aumento de deformación se obtiene sin apenas incremento de la carga.

Al ir disminuyendo la deformación, la carga se fue expulsando de una manera similar y la deformación permanente final era prácticamente nula 0,01 mm, cuando la deformación había llegado a los 2mm. (7)

Se menciona que la superelasticidad es un nombre resultante del acto que, en la curva de fuerza/desactivación, la aleación tiene una elasticidad diez veces superior que la de un alambre de acero inoxidable convencional y un amplio rango de trabajo. (8)

En su mayoría los materiales metálicos pueden ser deformados elásticamente hasta 0,5 %; sin embargo los alambres de NiTi, pueden ser deformados hasta un 8 % ó 10 % de su longitud original y aún recobrar totalmente a su forma inicial; Esta es una propiedad peculiar presentada por los alambres de NiTi (9)

La memoria de forma radica en la capacidad de este material para recordar y retomar a su forma inicial después de una deformación plástica, mientras se encuentra en la forma martensita.

Bajo algunas circunstancias son alteradas las uniones atómicas con diferentes temperaturas que ocasionan variaciones estructurales en el material.

La termoelasticidad; La fase martensita o fría posee una estructura cúbica, la austenita o caliente una hexagonal, siendo un resultado a los cambios de temperatura o al estrés, que

alteran su configuración molecular sin cambiar la composición atómica. Esta propiedad se denomina termoelasticidad.

La histéresis; Se precisa como una pequeña deformación del alambre que no se recupera totalmente y pierde energía.

5.1.4 FASES DEL NÍQUEL TITANIO:

- ❖ La fase austenita posee una estructura cúbica centrada en el cuerpo y ordenada que acontece a una alta temperatura y bajo esfuerzo.

En esta fase, la aleación es más rígida. Cuando la aleación es enfriada por medio del rango de transformación por temperatura, ocurren alteraciones grandes en el límite elástico, rigidez y resistencia eléctrica.

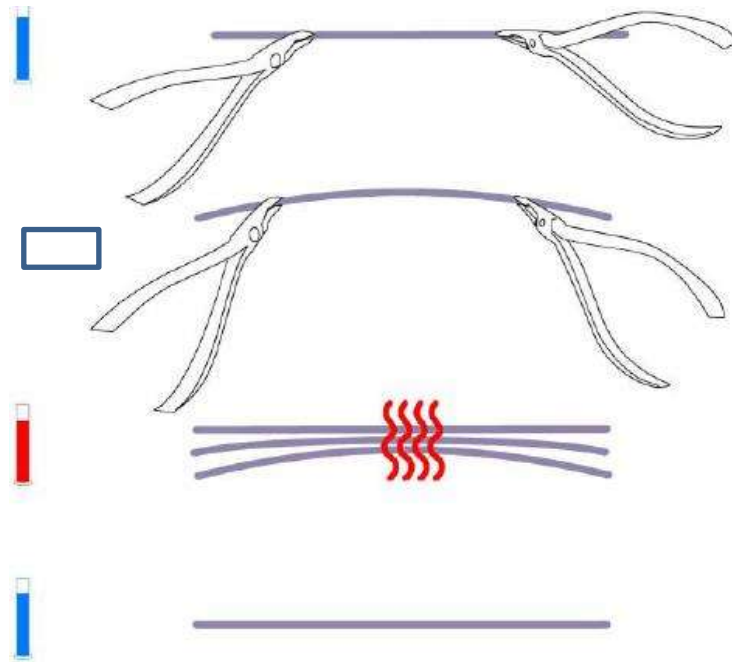


Figura 2. Transformación clínicamente visible de la fase martensita a austenita como efecto del calor de los alambres de cobre-níquel titanio.

Fuente: Sandoval 2012.

La transformación que resulta de la estructura cristalina, nombrado como transformación martensita, tiene como efecto un cambio en las propiedades físicas de la aleación.

- ❖ .La fase martensita posee una estructura hexagonal, monoclinica o triclinica desordenada que sucede a baja temperatura y alto esfuerzo. (10)

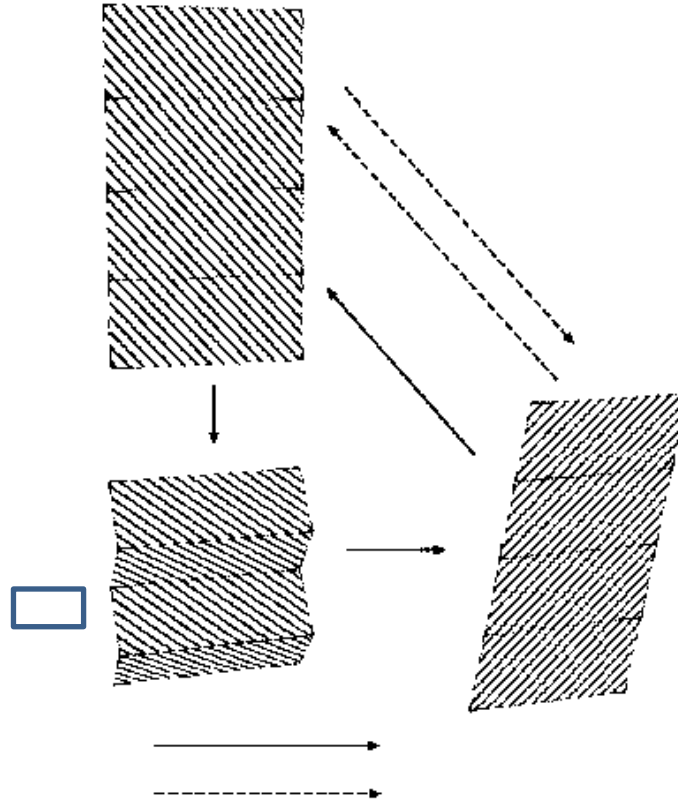


Figura 3 Diagrama de la transición de las fases austenita a martensita como cambio estructural de los alambres de cobre-níquel titanio expuesta a diferentes tensiones o temperatura que muestra la recuperación de la forma original.

Fuente: Sandoval 2012.

❖ Fase R

Estadio intermedia entre la martensita y la austenita, que puede conformarse en las aleaciones Ni-Ti bajo ciertas circunstancias.

❖ Fase de transformación

Cambio de fase de una aleación a otra, con variaciones como en temperatura, presión, tensión, química y/o tiempo

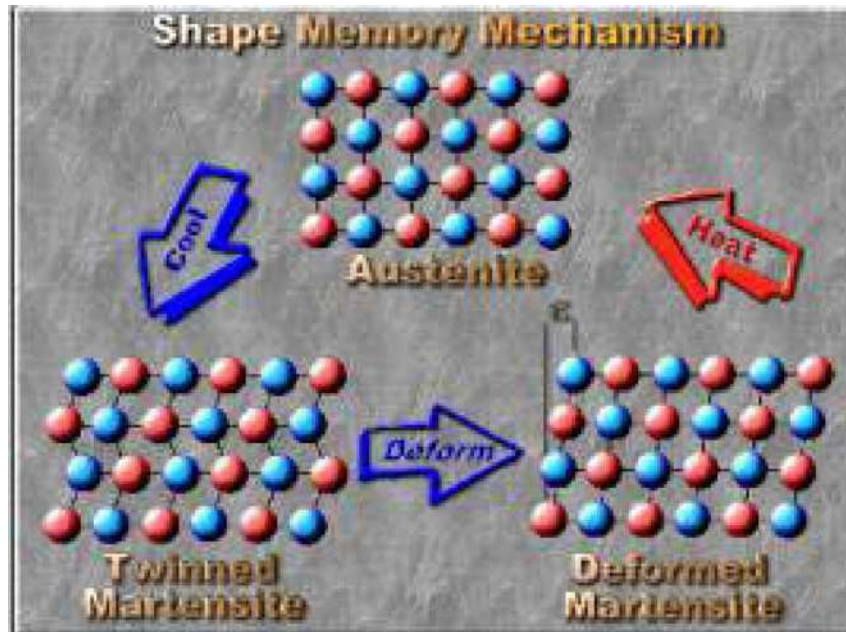


Figura 4. Fase de transformación

Fuente: Valdeiglesias 2006.

❖ Temperatura AS

Temperatura por la cual las aleaciones con memoria de forma inician su transición a su fase austenita al calentarlas.

❖ Temperatura AF

La temperatura a la cual finaliza la memoria de forma de las aleaciones transformándose a austenita al calentarla.

❖ Temperatura AP

Las aleaciones con memoria de forma se ubican en un 50% de su transformación a la fase austenita al ser calentada, calculado por el pico en una curva en la prueba de Calorimetría Diferencial por Barrido.

❖ Temperatura MS

Estas aleaciones de memoria forma, inician su cambio a la fase martensita al bajar su temperatura.

❖ Temperatura MF

Terminan su fase de transformación, en su fase de martensita al enfriarlas estas aleaciones de níquel titanio.

❖ Temperatura MP

La memoria de forma de la aleación se ubica en un 50% transformada a Martensita al enfriar, esto es calculable mediante el pico en una curva en la prueba de Calorimetría Diferencial por Barrido.

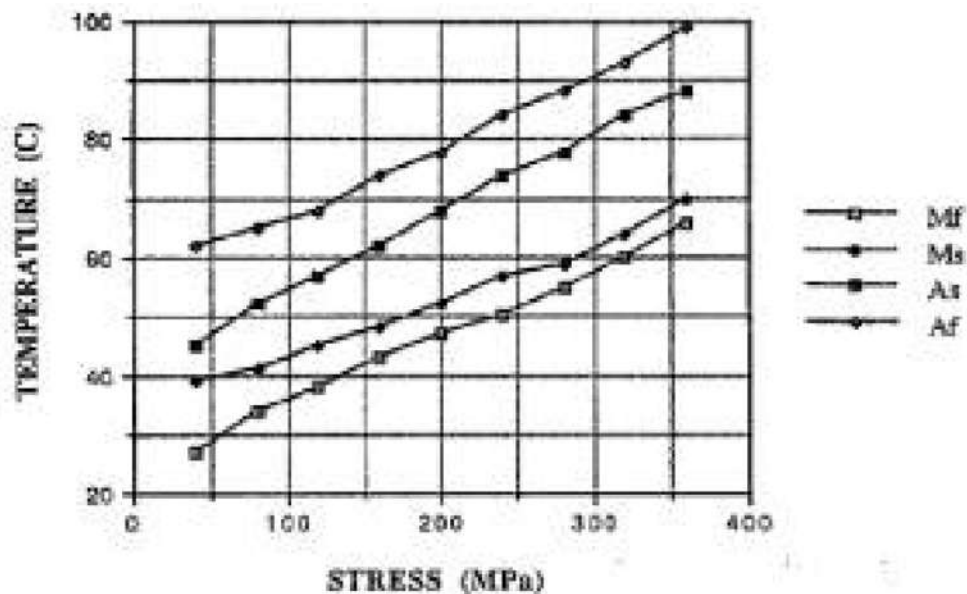


Figura 5 (Cambio de la aleación con la temperatura)

Fuente: Valdeiglesias 2006.

El cambio de fase Austenita – Martensita (transición) sucede por medio de un rango crítico de temperatura o en situaciones singulares bajo tensión y estiramiento (tensión-Martensita inducida).

Así se menciona que el Nitinol cambia a la transformación Martensita. Para simplificar todo esto se puede mencionar que la aleación de Nitinol en términos de perfil de T° decreciente.

Iniciando por debajo del punto de fusión de la aleación y por debajo de los 600°C la configuración del cristal está desordenada en el cuerpo cúbico centrado. Desde 600°C hasta el rango de temperatura de transformación Austenita – Martensita (RTT), la estructura del cristal pasa a ser una cúbica “ordenada”, comúnmente llamada una estructura de cloruro de cesio (CsCl). La mencionada aleación baja su temperatura a través del RTT, sus átomos “desprenden”, transformándose en la nueva y compleja fase Martensita. Los puntos a resaltar son la transformación Austenita-Martensita (transición) y el RTT donde éste mecanismo de despojo de estado sólido ocurre (6)

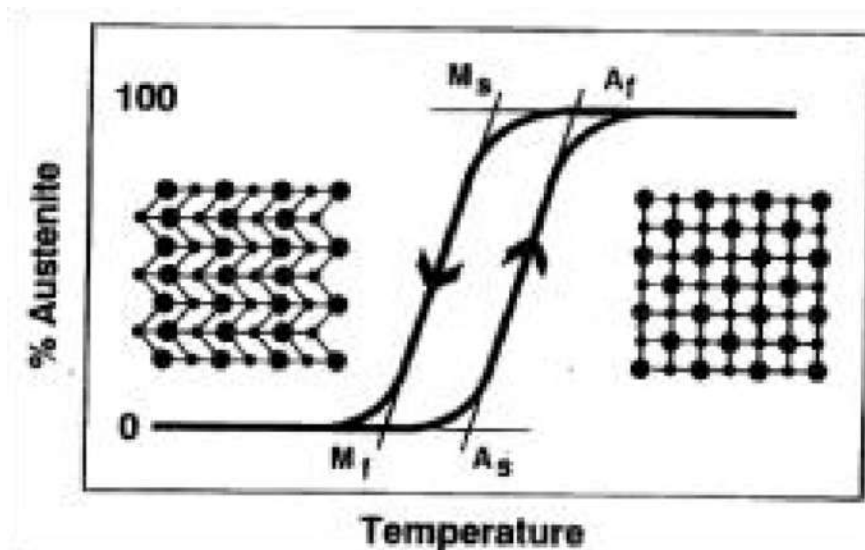


Figura 6. Cambio de las estructuras en el cambio de fase.

Fuente: Valdeiglesias 2006.

5.2.1 ALAMBRES DE NÍQUEL TITANIO EN ORTODONCIA.

Las aleaciones de Níquel-titanio tienen distintas aplicaciones como biomaterial, uno destacable es su uso en el tratamiento de ortodoncia.

Los alambres que se emplean en ortodoncia pueden ser sólidos, con diversas composiciones; Como hemos visto, pueden ser incluso el resultado de unificar varios alambres sólidos de menor diámetro.

El empleo de varios alambres en el mismo canal fue introducido por los creadores de la técnica universal. La extensión de trabajo de varios alambres de un definido diámetro, mientras tanto la fuerza y la rigidez son características aditivas y por ende la rigidez y la fuerza final serían la suma de los alambres incorporados. (7)

En cuanto a los arcos ortodóncicos de níquel titanio fueron incluidos en el mercado durante la década de 1970 (Nitinol, 3M Unitek, Monrovia, CA) como resultado de la investigación llevada por Adreasen en la Universidad de Iowa. “Nitinol” que fue desarrollada para los programas espaciales (Ni, níquel; Ti. titanio, y NOL Naval Ordinance Laboratory) donde estas aleaciones fueron desarrolladas por Buehler en 1960.

Fue hasta en los años 70 cuando se produjo su adecuación a las condiciones de los aparatos ortodónticos.

Estos alambres ortodóncicos de níquel titanio brindan fuerzas leves y continuas fisiológicamente más aceptables, siendo perfectas en las fases de alineamiento y nivelación Que es cuando las fuerzas deben ser distribuidas y manejadas para evitar eludir daños a los tejidos circundantes (9)

Es fundamental el uso de los arcos para generar fuerzas biomecánicas para el tratamiento ortodóntico. Sirven para ejercer una multitud de fuerzas distintas como fuerzas mesio-distales, buco-linguales, rotacionales, intrusivas, extrusivas y de torsión.

Se necesitan propiedades biológicas, físicas y mecánicas para que las aleaciones de los arcos permitan ser eficaces en el tratamiento y conservar estas durante el periodo de uso.(12)

Los factores como; material, extensión de la sección transversal y diseño de los brackets ortodónticos dependen de las fuerzas producidas por cualquier alambre ortodóntico.

5.2.2 APLICACIONES CLÍNICAS DEL LOS ARCOS NÍQUEL/TITANIO

Los alambres de níquel titanio se distinguen por una relevante elasticidad, los cuales son particularmente indicados en las fases iniciales del tratamiento para nivelar, alinear, rotar de manera muy superior a como lo realiza el acero.

Para la obtención de torque o torsión desde fases iniciales del tratamiento es indispensable la utilización de secciones rectangulares. El tratamiento es más acelerado, en menor tiempo clínicos, menor incomodidad del paciente y sin alteraciones de las fuerzas masticatorias.

Usualmente los alambres termoactivados resultan sumamente convenientes como alambres iniciales en el tratamiento ortodóntico, por su simplicidad en la colocación en arcadas con dientes severamente desalineados (11)

Los alambres acumulan energía que después liberan, produciendo estímulos en el ligamento periodontal.

Es primordial en los estados iniciales del tratamiento de ortodoncia activo para nivelar y alinear las arcadas dentales, porque producen una leve fuerza y funciona en severos apiñamientos, discrepancias verticales y transversales.

Comercialmente se encuentra disponible, en arcos preformados redondos, cuadrados y rectangulares.

Las características de los alambres rectangulares varían de la altura y profundidad. Se sabe que en los alambres redondos la altura y profundidad son las mismas y coinciden con el diámetro.

En el arco cuadrado y rectangular tenemos dos dimensiones que pueden ser modificadas independientemente. Utilizaremos la misma denominación para describir las medidas del canal del bracket para estas dos dimensiones.

Al realizar activación por deflexión, la altura será la dimensión del arco perpendicular al plano de flexión y profundidad la dimensión paralela a este.

No tiene efecto alguno la profundidad sobre la amplitud de trabajo, y es inversamente proporcional a la altura. La profundidad altera de la igual forma la rigidez y la fuerza que son directamente proporcionales a aquella. (7)

5.3.1 COBRE

El cobre (Cu) uno de los metales más antiguos que se conoce, uno de los primitivos metales que emplearon las culturas humanas, es muy posible que el descubrimiento del metal ocurriera alrededor de 6000 a.c.

En tiempos antiguos se encontraba en la naturaleza como elemento libre. Hoy en día esos depósitos naturales son más complicados de encontrar y el metal se extrae de minerales que en su mayoría son sulfuros como la calcopirita. El cobre puro es de un color rojizo o rosa distintivo pero su característica de ingeniería más destacable es su resistividad eléctrica baja el Cu, siendo también un conductor térmico excelente, el cobre es uno de los metales nobles por lo que es resistente a la corrosión.

Por el contrario, la dureza y resistencia de dicho elemento son relativamente bajas, en especial si se toma en cuenta el peso. Y en efecto para mejorar la resistencia es frecuente que el cobre se encuentre en aleación. (13)

Símbolo:	Cu	Mineral del que se extrae:	Varios: por ejemplo, calcopirita (CuFeS_2).
Número atómico:	29	Elementos de aleación:	Estaino (bronce), zinc (latón), aluminio, silicio, níquel y berilio.
Gravedad específica:	8.96	Aplicaciones comunes:	Conductores y componentes eléctricos, municiones (latón), vasijas y cacerolas, joyería, plomería, aplicaciones marinas, intercambiadores de calor, resortes (Be-Cu).
Estructura cristalina:	FCC		
Temperatura de fusión:	1083 °C (1981 °F)		
Módulo de elasticidad:	110 000 MPa ($16 \times 10^6 \text{ lb/in}^2$)		

Figura 7. Tabla datos básicos del cobre

Fuente: Groover 2007.

5.3.2 ALEACIÓN DE COPPER NITTI (NÍQUEL-TITANIO - COBRE)

Fue creado para el uso clínico por Rohit Sachdeva, en 1990, los hilos de NiTi con cobre (CuNiTi) surgieron comercialmente a mediados de los 90 y se fabricaban a cuatro temperaturas.

- Tipo I: Tiene una temperatura de transformación de 15°C, su utilización es poco frecuente ya que libera fuerzas elevadas.

- Tipo II: Activo a los 27 °C, superelastico. Dicha aleación cuenta con fuerzas similares al níquel titanio convencional. Es más flexible y entrega las fuerzas con más constancia y por más tiempo. Indicado para periodontos sanos y pacientes con un umbral alto del dolor.

- Tipo III: Activo a los 35°C, Termoactivo. Libera más fuerzas más ligeras. Recomendado en pacientes con periodonto localmente frágil, ligeramente comprometido y con un umbral del dolor normal.

- Tipo IV: Activo a los 40°C, Termoactivo. El arco provoca movimiento dental activo intermitente, volviéndose rígidos cuando la temperatura bucal es mayor a los 40°C. Empleado en pacientes que no toleran el dolor con problemas periodontales moderados a severos. (14)

Al contener cobre (conductor de calor eficiente) agregado al níquel y al titanio, Cuentan estos alambres con temperaturas de transición mejor definidas, asegurando una generación de cargas más homogéneas de arco a arco y de extremo a extremo, aumentando la eficacia del movimiento del diente. (15)

A pesar que pequeñas variaciones en la proporción de níquel- titanio pueden tener efectos importantes en las propiedades mecánicas de los arcos de ortodoncia, El reemplazo de cobre por algo de níquel ayudará a mantener las propiedades de memoria de forma que hacen que los arcos de níquel- titanio sean muy populares, haciendo el alambre más estable y menos sensible a los proporciones exactas en la aleación (16).

Las ventajas clínicamente relevantes de CuNiTi (níquel- titanio - cobre) en comparación con los alambres de NiTi (níquel - titanio) incluyen una generación de fuerzas más persistente durante periodos de activación más largos, una mayor resistencia a la deformación permanente, características de superelasticidad más estables cuando se carga cíclicamente, mayor recuperación elástica y menos histéresis. También se ha confirmado que durante el proceso de fabricación de los arcos Copper NiTi permite temperaturas de transición más conscientes, lo que brinda una entrega de fuerza controlada y personalizada para cada paciente.

5.4.1 TEXTURA DE SUPERFICIES

La textura de la superficie consta en desviaciones repetitivas y aleatorias con respecto a la superficie nominal de un objeto, se define por 4 elementos: Rugosidad, Ondulación, Orientación y Fallas.

Entre estos elementos la rugosidad superficial es la medida más usada.

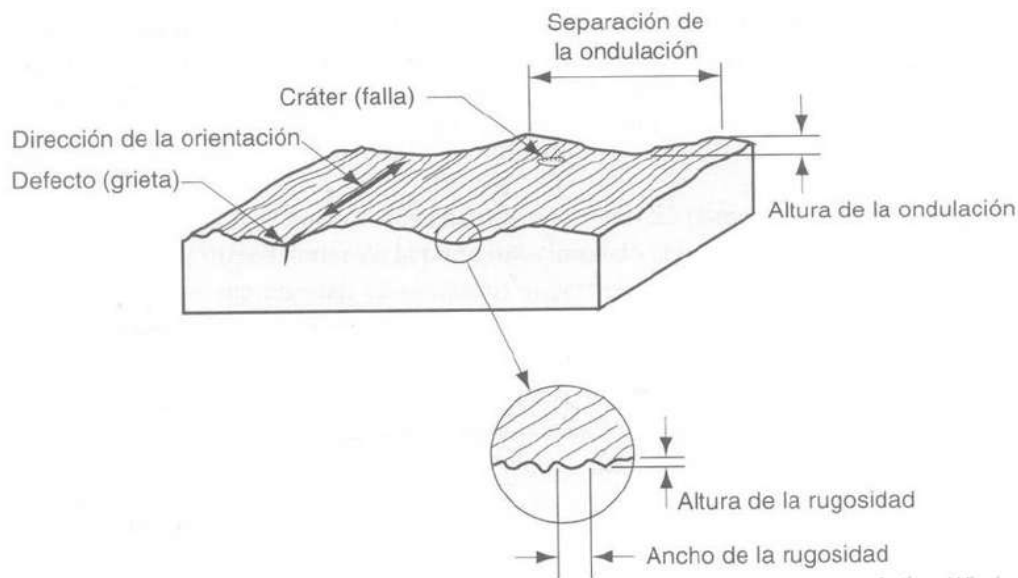


Figura 8. Formas de textura superficial.

Fuente: Groover 2007.

Se mencionan algunas razones por las cuales la integridad superficial de una pieza maquinada es importante: 1) Razones estéticas, estas implican superficies que son tersas, libres de arañazos y defectos pueden generar una impresión favorable al consumidor; 2)

Las superficies afectan el ensamble de las partes; Por ejemplo, la resistencia de las juntas pegadas con adhesivos se incrementa cuando las superficies son ligeramente rugosas; y 3) Las superficies tersas hacen mejores contactos eléctricos (13)

5.4.2 RUGOSIDAD

El estado superficial de una muestra metálica resulta una característica que repercute en la magnitud y el tipo de corrosión. Favorecerá el mayor establecimiento de micropilas galvánicas sobre la superficie la presencia de rugosidad, disolviéndose normalmente con mayor rapidez las crestas, las cimas y las salientes (17)

De manera general, es bien sabido que una superficie bien pulida sufre menor corrosión que una superficie rugosa.

“Se define rugosidad superficial como desviaciones cercanas e irregulares a escala menor que la ondulación. Dice que la rugosidad puede estar sobrepuesta a la ondulación. Se expresa en función de su altura, su ancho y la distancia a lo largo de la cual se mide en la superficie”. (18)

Las irregularidades que se encuentran en la superficie pueden ser conseguidas a partir de la determinación de la rugosidad superficial. Los valores de rugosidad media aritmética R_a , se definen como la altura de un rectángulo, cuya área sea igual a la suma absoluta de las áreas delimitadas entre el perfil de rugosidad y la línea media, siendo la longitud de medición L_m (13).

Existen múltiples parámetros para definir la rugosidad superficial de un material; Hasta el día de hoy se han encontrado alrededor de unos 150, algunos de los más relevantes son: R_t , R_y , R_v , R_{max} , R_z , R_a , R_q .

“ R_t , es la máxima distancia entre pico y valle en una longitud básica.

R_y , es la mayor distancia pico-valle de todas las longitudes básicas.

R_v , es la profundidad máxima del perfil por debajo de la línea media dentro de la longitud de evaluación.”

Rmax, es la máxima desviación de rugosidad de las cinco obtenidas en cada longitud básica. Ra es una media aritmética (MA) en base a los valores absolutos de la desviación, y a este valor de la rugosidad se le conoce rugosidad promedio. Y su ecuación es desarrollada de esta manera..

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l_m} \int_0^{l_m} y^2 dx}$$

Figura 9. Ecuación Ra.

Fuente: Kalpakjian (2002).

Donde y = desviación vertical con respecto a la superficie nominal pulg (m) y Lm = Distancia especificada sobre la cual se miden las desviaciones.(18)

5.4.3 DUREZA

La dureza se puede definir como una propiedad de los materiales que indica que tanta resistencia tiene al ser deformado, rayado, erosionado o penetrado. Mencionadas pruebas se basan en una huella de indentación, la cual se crea con un penetrador duro, pudiendo ser esférico, cónico o piramidal y cada prueba tiene su propio indentador y cada huella sus características, Las pruebas son de gran importancia en el control de calidad y de la fabricación además de relativamente económicas, por ende, es una herramienta indispensable para evaluar materiales y estimar que tan duro es dicho material. (19)

La prueba de dureza es la prueba mecánica más importante y también más empleada para evaluar las propiedades de los metales, y otros materiales. La dureza en un material por lo general se estima con una resistencia a la indentación permanente. En general se presiona una indentador en el metal que evaluará una carga particular durante un intervalo de tiempo definido, resultara con la profundidad o tamaño de la indentación.

El objetivo principal de esta prueba es evaluar la idoneidad de un material para una aplicación determinada o el tratamiento particular al que se sometió el material. La

simpleza con la que se puede llevar a cabo esta prueba la ha convertido en el método más común de inspección de metales y aleaciones. (20)

Los tipos de pruebas más frecuentes de dureza incluyen Rockwell, Knoop, Vickers y Brinell.

La Prueba de dureza de Vickers; Creada a principios de la década de 1920, usa un indentador de forma piramidal hecho de diamante. Su principio se basa en que las impresiones dejadas por él son similares en por su geometría sin importar la carga que genere. Se emplean varias cargas en función de la dureza del material a estudiar. Se terminará la dureza de Vickers(HV) por medio de una fórmula.(9)

$$HV = \frac{1.854 F}{D^2}$$

Figura 10. Fórmula Vickers.

Fuente:Groover 2007.

5.5.1 MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO

En la antigüedad, el ser humano siempre ha tenido el afán investigativo, que la mayoría de las veces nos ha llevado al descubrimiento de nuevos fenómenos, tecnologías y alcanzar objetivos cada vez más ambiciosos. Los científicos y estudiosos de la antigüedad tenían la inquietud de observar partículas muy pequeñas sobre todo obtener indicios sobre la composición de la materia que dio origen a todos los seres y las cosas.

El primer instrumento para ver objetos muy pequeños fue inventado por el holandés Antón van Leeuwenhoek, quien fue el pionero impulsor de la microscopía. (21)

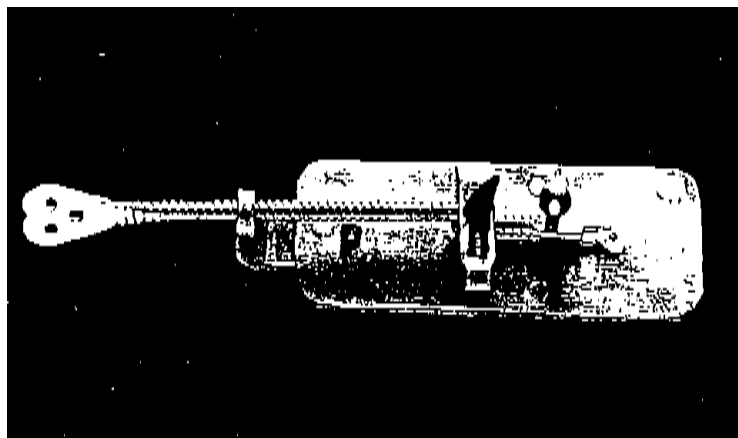


Figura 11 (Primer instrumento para ver objetos pequeños)

Fuente: Egas 1998.

5.5.2 TIPOS DE MICROSCOPIOS ELECTRÓNICOS DE BARRIDO.

Existen diferentes tipos de microscopios en la actualidad los cuales sirven para la técnica de caracterización adecuada para este trabajo de investigación como son; Microscopia electrónica de barrido ambiental, microscopía electrónica de barrido convencional (tungsteno), microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (por sus siglas en inglés FEGSEM)

En el presente trabajo se elige un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo debido a que tiene la mejor resolución comparado con los otros equipos.

Existen diferentes técnicas dentro de la microscopía electrónica de barrido que sirven para realizar una caracterización muy detallada de los arcos ortodónticos copper NiTi.

Una de las diferentes técnicas muy usadas en microscopía electrónica de barrido es la técnica de electrones secundarios que sirve para ver la superficie así como para obtener algún tipo de defecto (porosidad). Esta técnica es basada en haz de electrones primarios que incide en la superficie de la muestra a cierto voltaje de aceleración provocando una colisión entre el haz de electrones primarios y la muestra.

El producto de esta colisión genera electrones secundarios y con ayuda de la electrónica formará una imagen de la superficie del arco.

Existe otra técnica que se genera con el producto de la colisión entre el haz de electrones primarios y la muestra conocida como espectro de energía dispersiva (por sus siglas EDS) esta técnica entrega información de manera puntual en forma de composición elemental ,dando información de un análisis cualitativo y semicuantitativo por lo tanto es elemental la técnica para saber la diferencia de la composición química elemental (22).

5.5.3 EL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO CONVENCIONAL

Una de las técnicas más empleadas en la visualización de superficies de biomateriales se distingue la microscopía electrónica de barrido (MEB). La cual nos brinda imágenes de alta resolución y profundidad de campo con una calidad tridimensional.

En 1937, el Dr. Manfred Van Ardenne hizo algunos experimento con un aparato que es considerado como un SEM; pero no fue hasta el año de 1942 , que los doctores Zworykin, Hillier y Snijden estos tres físicos americanos describieron el primer microscopio electrónico de barrido, con una capacidad de amplificación de hasta 8000X y un poder de resolución de 50 nm.

Se describe que las imágenes en un microscopio electrónico de barrido se generan mediante la detección, procesamiento y visualización de las señales que resultan de las interacciones entre un haz de electrones de alta energía con la materia.

Dichas interacciones pueden proporcionar información sobre topografía, composición y estructura cristalográfica.(23)



Figura 12 (Microscopio electrónico de barrido)

Fuente: Ipohorski,2013.

5.6.1 PERFILÓMETRO ÓPTICO.

Han sido muchos los equipos desarrollados que permiten una caracterización con mayor resolución, reproducibilidad, rapidez, sensibilidad y precisión con el mérito de la multidisciplinariedad para poder ser adaptados a diferentes situaciones y sectores. Estos avances han permitido el acceso a la nanoescala y la escala atómica, esenciales para la aparición de propiedades nuevas y distintas a las conocidas hasta el momento en escala macrométrica.

La perfilometría óptica no solo ha permitido observar si no que además se puede obtener los parámetros fundamentales de rugosidad.

Los sistemas de microestructura de precisión y medición de superficie, la perfilometría óptica se encuentra en incesante crecimiento resultado de la rapidez, precisión y adaptabilidad. También, se trata de un equipo multidisciplinar que puede encontrarse en cualquier sector donde el estudio exhaustivo y preciso de la morfología y/o topografía sea relevante tanto a nivel académico como en control de calidad. (24)

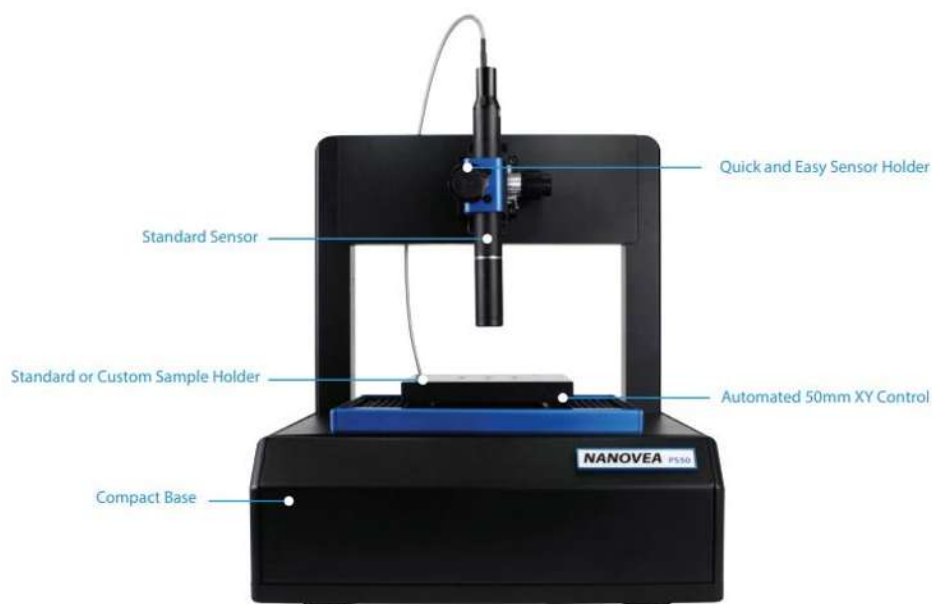


Figura 13. Perfilómetro óptico.

Fuente: nanovea.com (2022).

5.7.1 MICRODURÓMETRO.

Microdurómetro mide la deformación, a través de la presión de un indentador sobre la superficie del objeto. La resistencia a la penetración es una indicación de la dureza, como se aplica el término a este tipo de materiales.

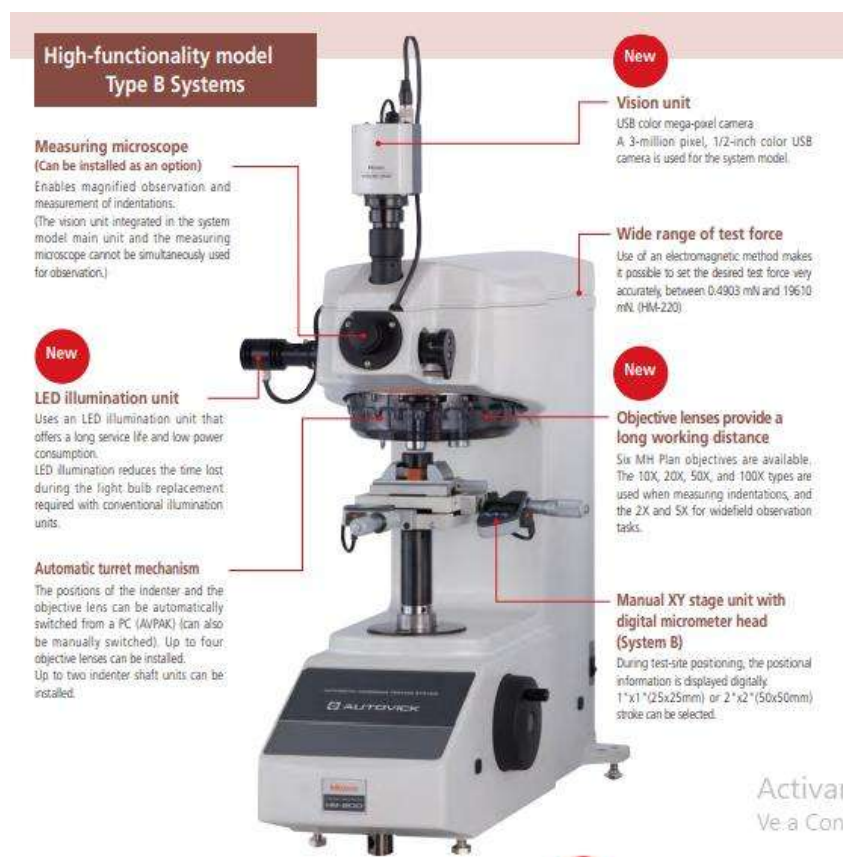


Figura 14. Microdurómetro.

Fuente: Manual Mitutoyo (2012).

6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En ortodoncia, el titanio es utilizado aleado con otros elementos, ya que es considerado uno de los mejores materiales gracias a sus propiedades, que permiten explotar sus cualidades clínicas.

Las aleaciones de níquel titanio (NiTi) son los arcos de alineación más comunes. Cobre NiTi (Cu-NiTi), una aleación cuaternaria de cobre, níquel, titanio y cromo, aumenta la eficacia del movimiento dental

Entre las propiedades más importantes que tienen las aleaciones de titanio están la estabilidad mecánica, biocompatibilidad, resistencia a la corrosión, superelasticidad y la termoelasticidad.

Todas estas características deben estar presentes y cumplir con los estándares de calidad declarados en cuanto a sus composición, propiedades mecánicas, físicas y químicas. El análisis de aleaciones en la industria es crítico y necesario para verificar qué componentes y características están presentes según las especificaciones de la marca.

Por ende, es de suma importancia que el profesional conozca cuál de estos arcos logra obedecer con los estándares convenientes.

7. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Entre la aleación copper NiTi de la marca TD y ORMCO en arcos rectangulares 0.018" x 0.025" ¿Cuál presenta mejores características?

8. JUSTIFICACIÓN

La existencia de arcos de níquel- titanio ha revolucionado los tratamientos de ortodoncia; por lo que es indispensable conocer su composición, así como el comportamiento de sus propiedades mecánicas, físicas y químicas.

En la actualidad, existe varios estudios de investigación por diversos autores relacionados con el tema de rugosidad, dureza y composición de los metales, pero no exclusivamente en los metales de los arcos de CuNiTi (níquel-titanio-cobre) utilizados en ortodoncia, por lo cual se decidió hacer un estudio observacional y transversal entre los arcos rectangulares 0.018” x 0.025” copper NiTi ORMCO y copper NiTi TD mediante la observación y el análisis en el microscopio electrónico de barrido, el perfilómetro y microdurómetro.

El mencionado estudio beneficiará al especialista en ortodoncia, el cual tendrá conocimiento sobre las cualidades del producto y podrá comparar estas dos marcas en cuestión y así poder seleccionar aquel alambre que cumpla con los ideales esperados.

De esta manera el ortodoncista tendrá a disposición este estudio en base a la experimentación e investigación científica con el cual podrá respaldar si tiene o no la esperada calidad del alambre según su marca comercial, como también formar su propio criterio fundamentado para el momento de hacer la mejor selección del producto que usará en la práctica de ortodoncia.

A su vez el paciente resultará beneficiado basado en sus propiedades químicas, físicas y mecánicas a lo largo de su tratamiento ortodóncico.

9. HIPÓTESIS

HIPÓTESIS 1

Los arcos ortodónticos rectangulares 0.018" x 0.025" copper NiTi ORMCO presentan características superiores que los arcos rectangulares copper Ni-Ti TD.

HIPÓTESIS 0

Los arcos ortodónticos rectangulares 0.018" x 0.025" copper NiTi TD presentan características superiores que los arcos rectangulares copper NiTi ORMCO.

HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Los arcos ortodónticos rectangulares 0.018" x 0.025" copper NiTi ORMCO y copper NiTi TD no muestran diferencias significativas entre ambas.

10. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Comparar la composición, rugosidad y dureza de arcos rectangulares 0.018" x 0.025" entre Copper NiTi ORMCO Y Copper NiTi TD mediante la evaluación en el microscopio electrónico de barrido, perfilómetro y microdurómetro.

OBJETIVO ESPECÍFICO:

Análisis magnificado de las características y defectos superficiales de cada arco.

Determinar la composición elemental de cada aleación en las muestras.

Observar la rugosidad presente en cada arco, a través de la presencia de picos y valles en la superficie.

Obtuvimos el promedio de dureza de cada arco.

11. MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales.

- El material utilizado en este estudio fueron arcos ortodóncicos copper NiTi (níquel - titanio - cobre)
- Se seleccionaron las marcas TD figura 15 Y ORMCO figura 16 en un calibre 0.018” x 0.025”
- Se hizo el corte de aproximadamente 3 cm en la parte posterior de cada arco. Siendo muestras 1 marca TD y muestra 2 marca ORMCO.



Figura 15



Figura 16

Métodos.

1. Se analizaron dos muestras de arcos rectangulares 0.018" x 0.025" entre Copper NiTi marca TD (muestra 1) Y Copper NiTi marca ORMCO (muestra 2), fueron montadas sobre una cinta carbón conductor doble cara como se observa en la figura 17 en el microscopio electrónico de barrido marca JEOL modelo JSM7600F. Figura 18 el detector que se utilizó para análisis puntual es marca BRUKER modelo XFLASG 6 30 para su estudio.

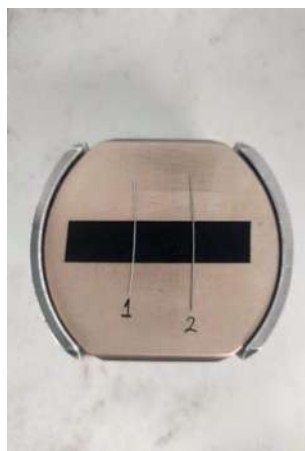


Figura 17



Figura 18

2. Para la pruebas de rugosidad de la superficie se fijaron estas mismas dos muestras sobre una placa metálica fijadas con masilla figura 19 para colocarlas en el perfilómetro óptico de la marca Nanovea para su análisis de superficie figura 20.



Figura 19



Figura 20

3. Para realizar las mediciones de dureza correspondientes al material se montaron en una resina llamada baquelita figura 21 y se realizaron las mediciones correspondientes en un microdurómetro de la marca Mitutoyo modelo MH-200 aplicando una carga de 500 gr figura F.



Figura 21



Figura 22

12. RESULTADOS

MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO / ANÁLISIS DE SUPERFICIES.

*Arco TD copper NiTi 0.018”X 0.025”.

Figura 23. Imagen de la superficie de la muestra TD a una magnificación de 100x. Presenta defectos de la superficie como porosidad y ralladuras en orientación preferencial.

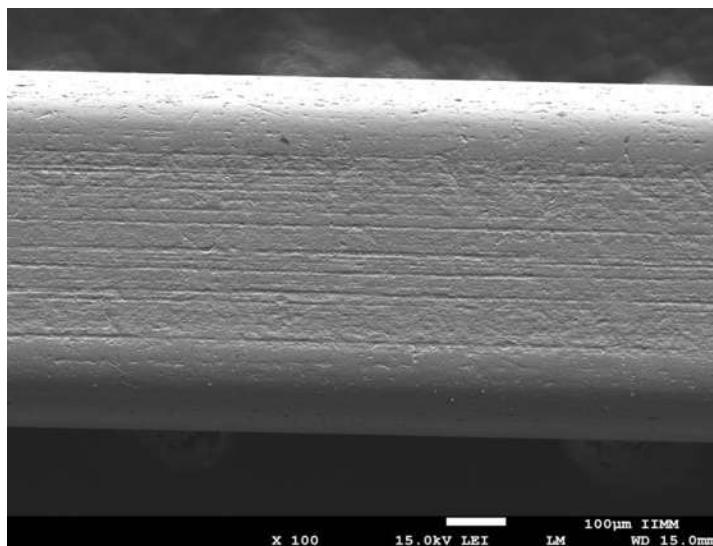


Figura 24. Imagen de la superficie de la muestra 1 a una magnificación de 100x en donde se indica el número de los segmentos estudiados.

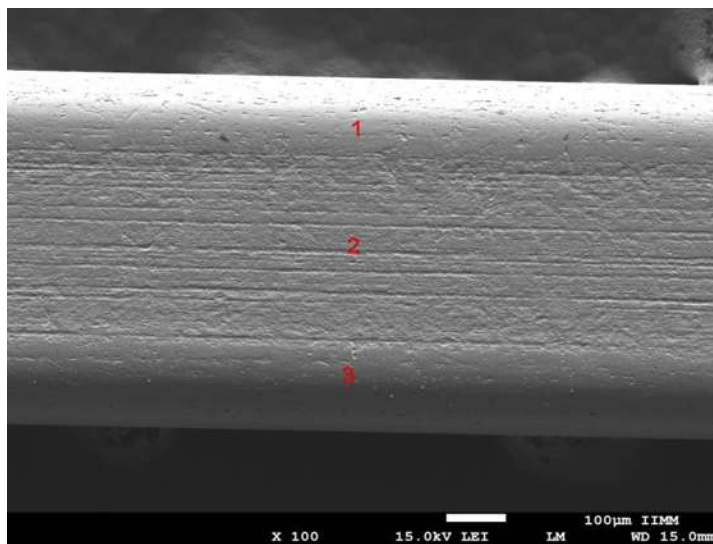


Figura 25. Imagen de la superficie de la muestra TD a una magnificación 250x en el segmento 1. Se presentando áreas muy características que diferencian la forma de la superficie donde la zona a es una zona donde no hay presencia de defectos de maquinada, mientras que en la zona b el proceso de maquinada se observa por medio de ralladuras longitudinales.

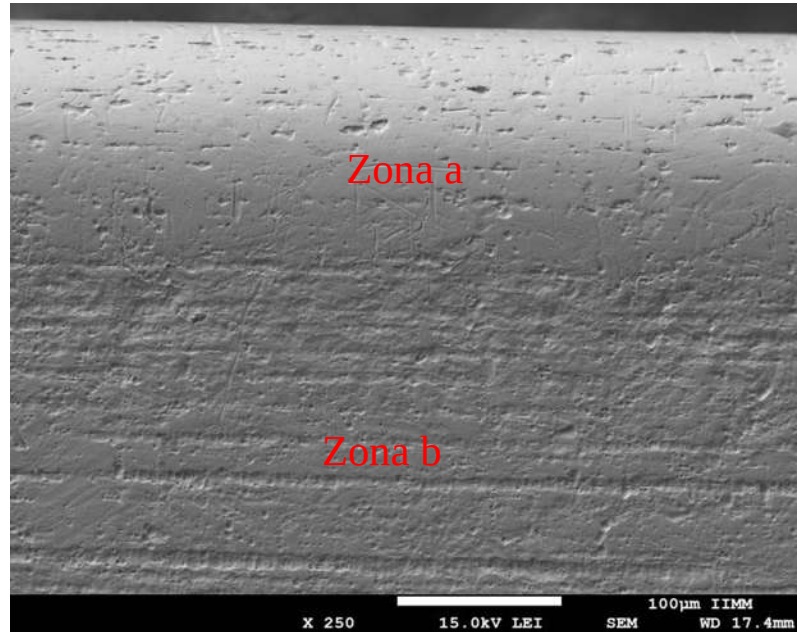


Figura 26. Imagen de la superficie de la muestra TD a una magnificación de 250x en el segmento 2. Sobresale la mayor cantidad de ralladuras en la superficie sobre los defectos de rugosidad.

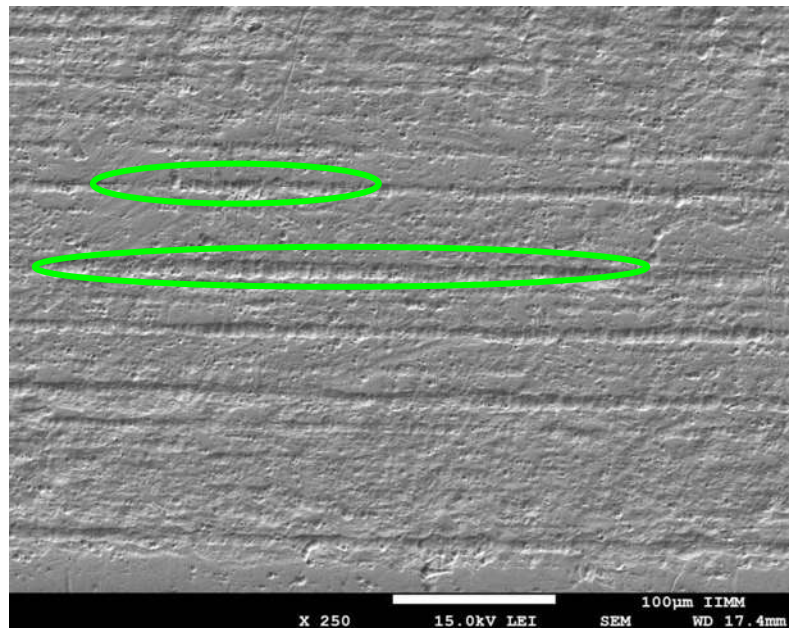


Figura 27. . Imagen de la superficie de la muestra TD a una magnificación de 250x en el segmento 3. Se observa dos zonas que diferencian la forma de la superficie donde la zona a es una zona donde se refleja la presencia de maquinado mientras que en la zona b el proceso de maquinado se observa por medio de porosidades de un tamaño en promedio de 5 micrómetros.

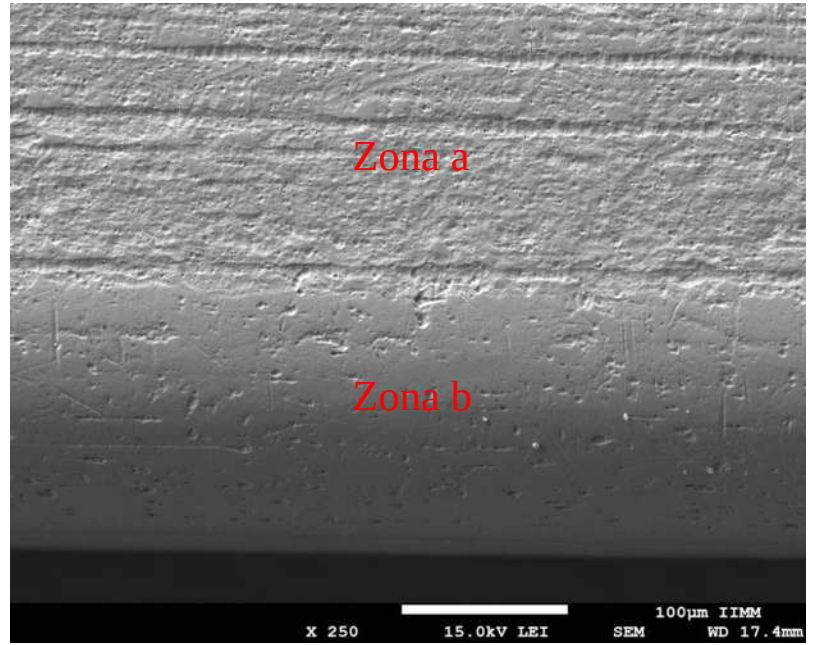


Figura 28. Imagen de la superficie de la muestra TD a una magnificación de 500x en el segmento 1. Presenta porosidad de un tamaño aproximado 3- 10 micrómetros, así como ralladuras tanto en sentidos longitudinal y transversal.

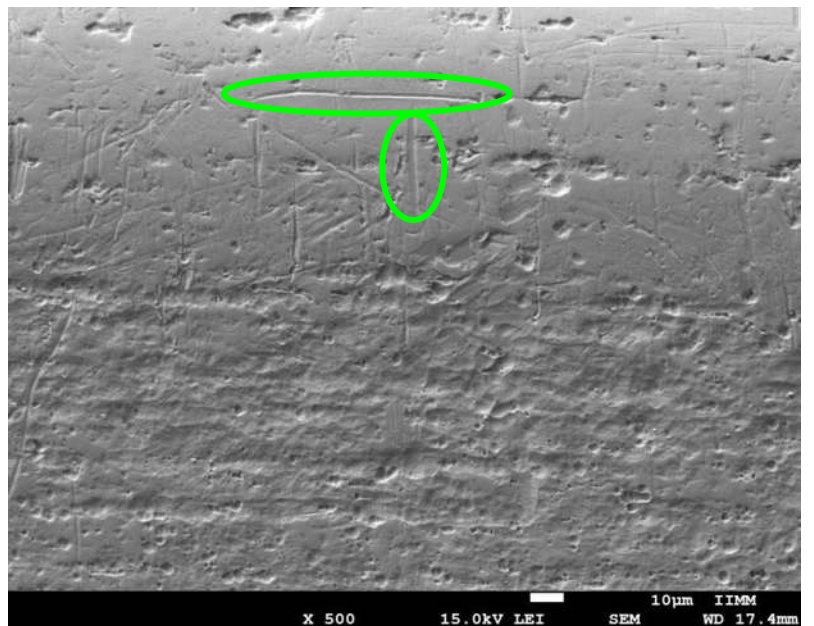


Figura 29. . Se observa la superficie de la muestra td a una magnificación de 500x en el segmento 2. Presenta marcadas líneas de conjuntos de poros alineados, con porosidad de un tamaño en promedio de 2- 5 micrómetros.

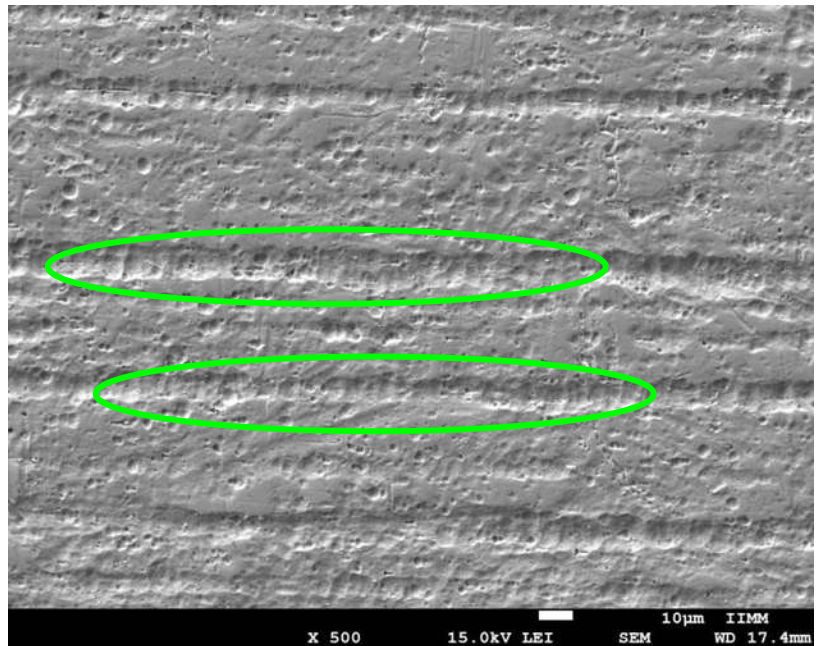
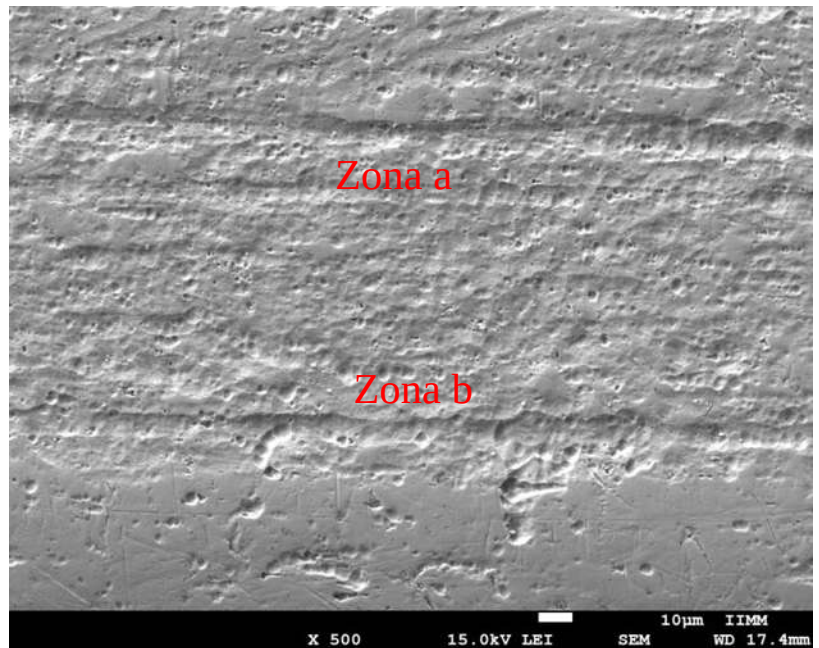


Figura 30. Figura U. Se observa la superficie de la muestra TD a una magnificación de 500x en el segmento 3. Se aprecian dos zonas muy características en la superficie donde la zona a es una donde se presenta grandes defectos de maquinado como porosidad y ralladuras, mientras que en la zona b es mucho menor la incidencia de estos.



*Arco ORMCO Copper NiTi.018”X 0.025”.

Figura 31. Imagen de la superficie de la muestra ORMCO a una magnificación 100x presenta defectos de la superficie como porosidad y ralladuras longitudinales.

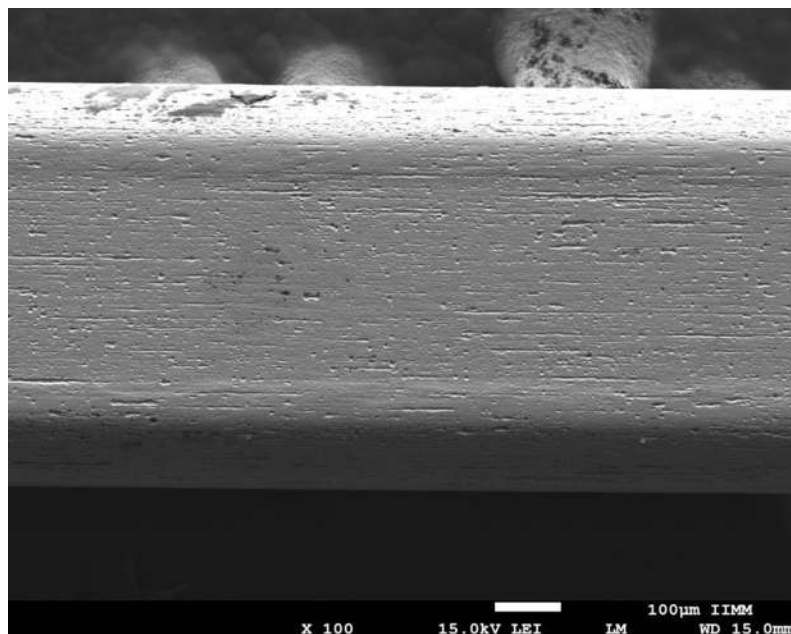


Figura 32. Imagen de la superficie de la muestra ORMCO a una magnificación 100x en donde se indica el número de los segmentos estudiados.

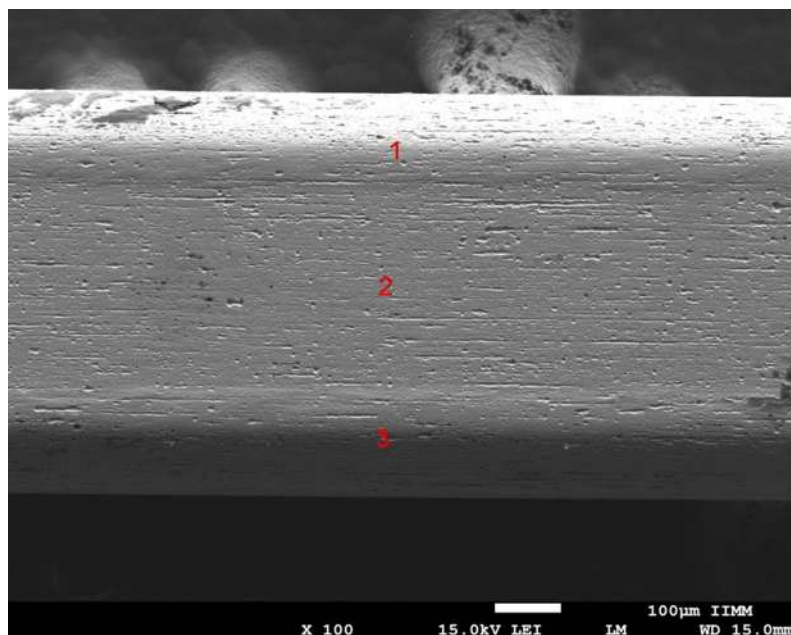


Figura 33. Imagen de la superficie de la muestra ORMCO a una magnificación de 250x en el segmento 1. Presenta defectos como porosidad en un tamaño aproximado de entre 5-20 micrómetros y ralladuras en sentido longitudinal.

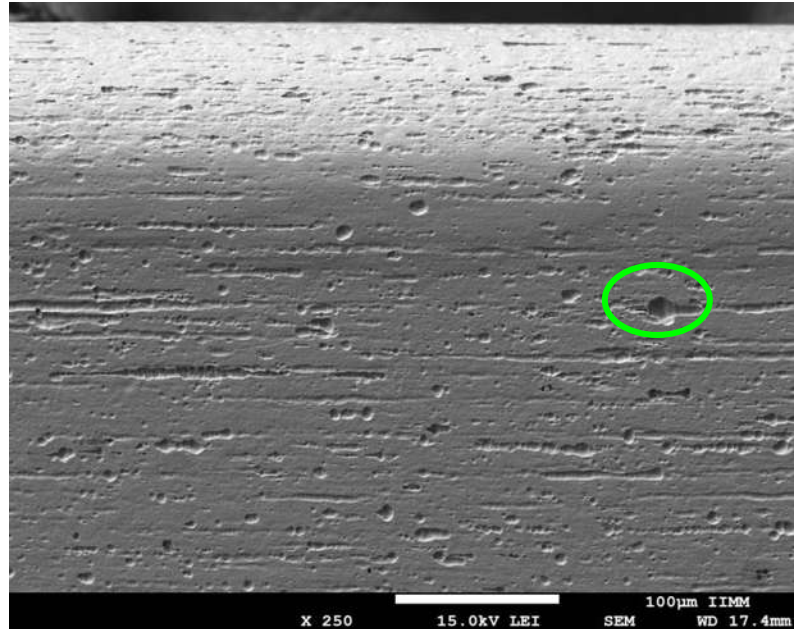


Figura 34. Imagen de la superficie de la muestra ORMCO a una magnificación 250x en el segmento 2. Presenta defectos de porosidad y ralladuras en orientación preferencial

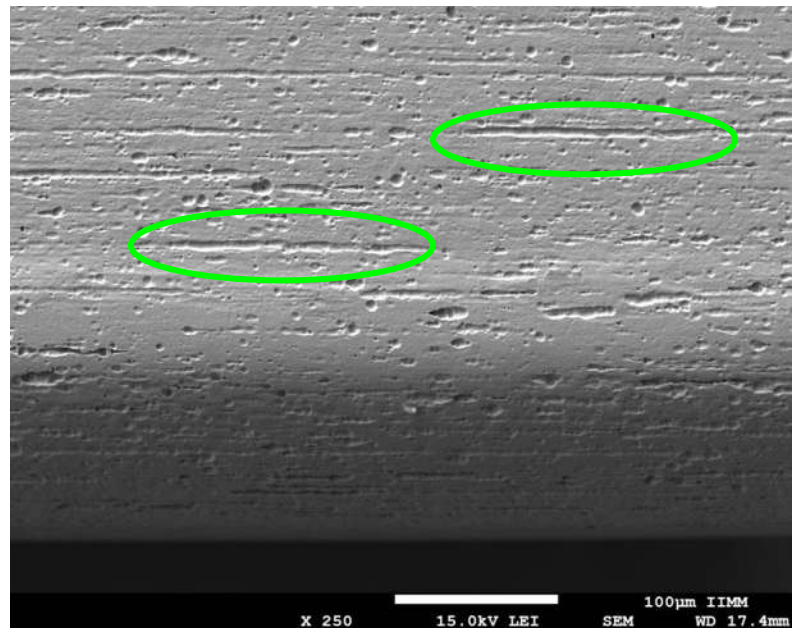


Figura 35. Imagen de la superficie de la muestra ORMCO a una magnificación de 250x en el segmento 3. Presenta un extenso conjunto de poros alineados en sentido longitudinal.

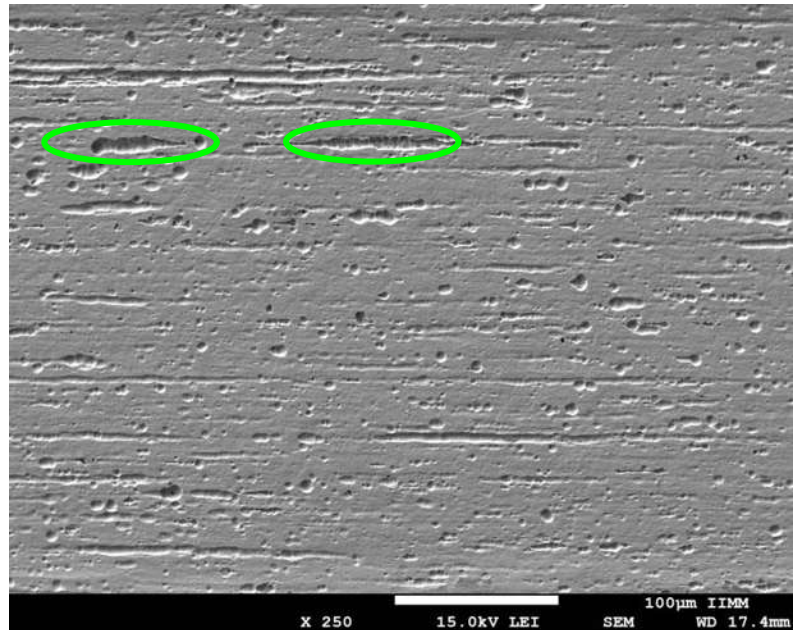


Figura 36. Imagen de la superficie de la muestra ORMCO a una magnificación de 500x en el segmento 1. Presenta el promedio de la Porosidad mayor mide aproximadamente 10 micrometros.

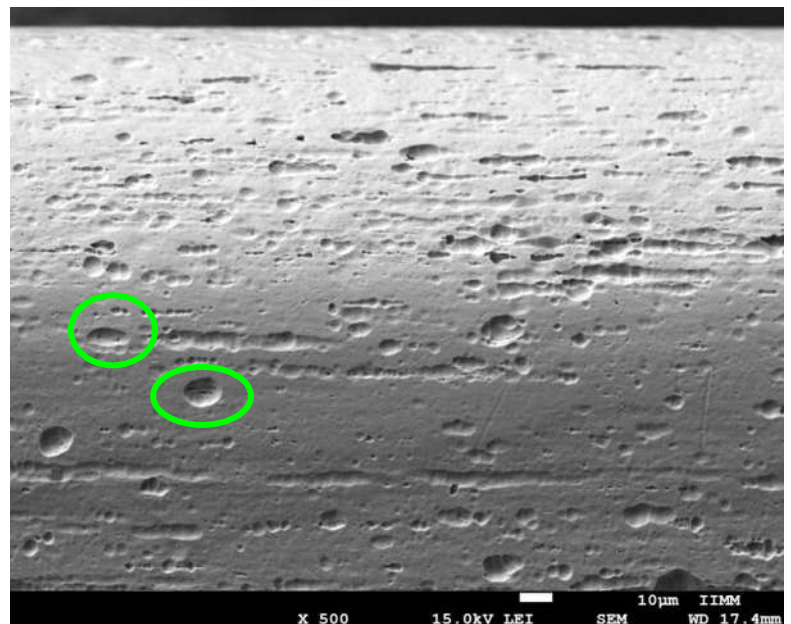


Figura 37. Imagen de la superficie de la muestra ORMCO a una magnificación 500x en el segmento 2. Presenta los defectos de porosidad en forma globulares sentido longitudinal.

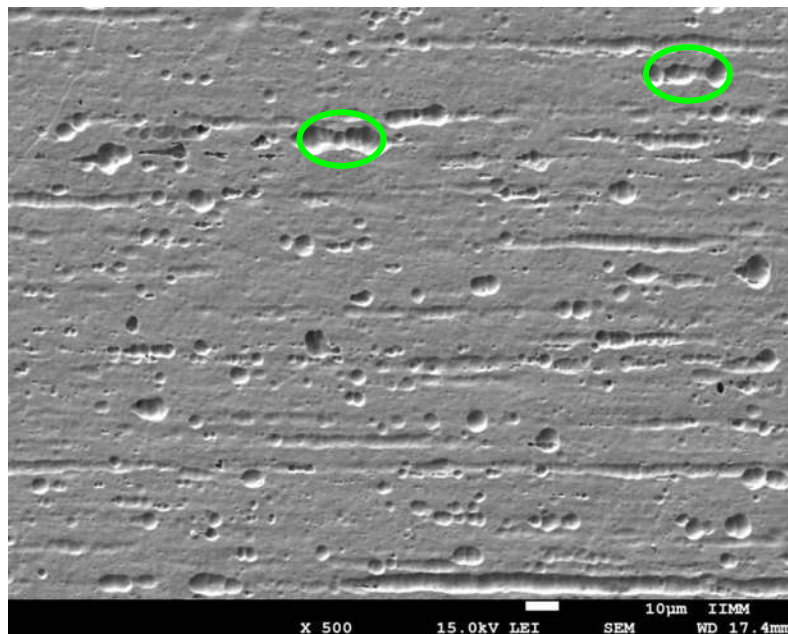
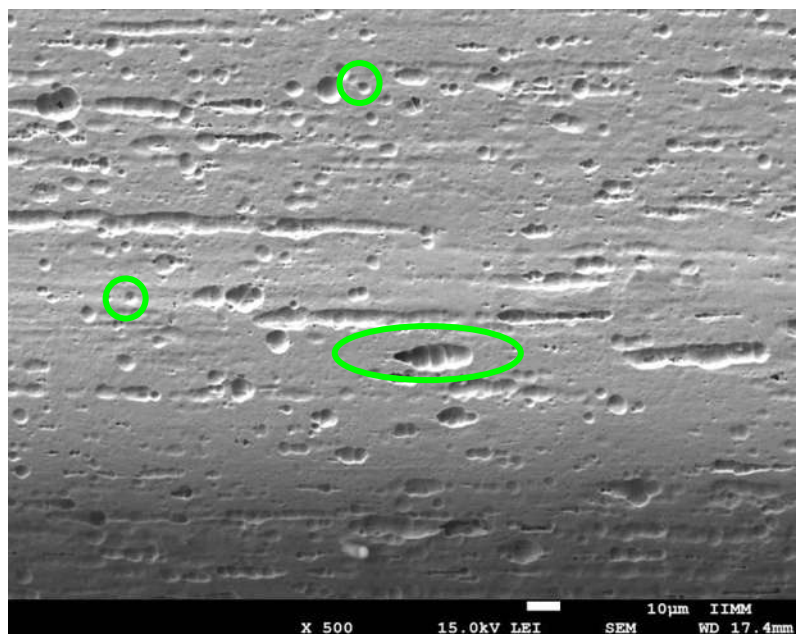


Figura 38. Imagen de la superficie de la muestra ORMCO a una magnificación 500x en el segmento 3. Presenta extensa zonas de porosidad en orientación preferencial en tamaños de 2 hasta 30 micrómetros aproximadamente.



COMPARATIVAS ENTRE MUESTRA TD Y MUESTRA ORMCO

Figura 39. Comparación entre marca TD y ORMCO en una magnificación 100x.

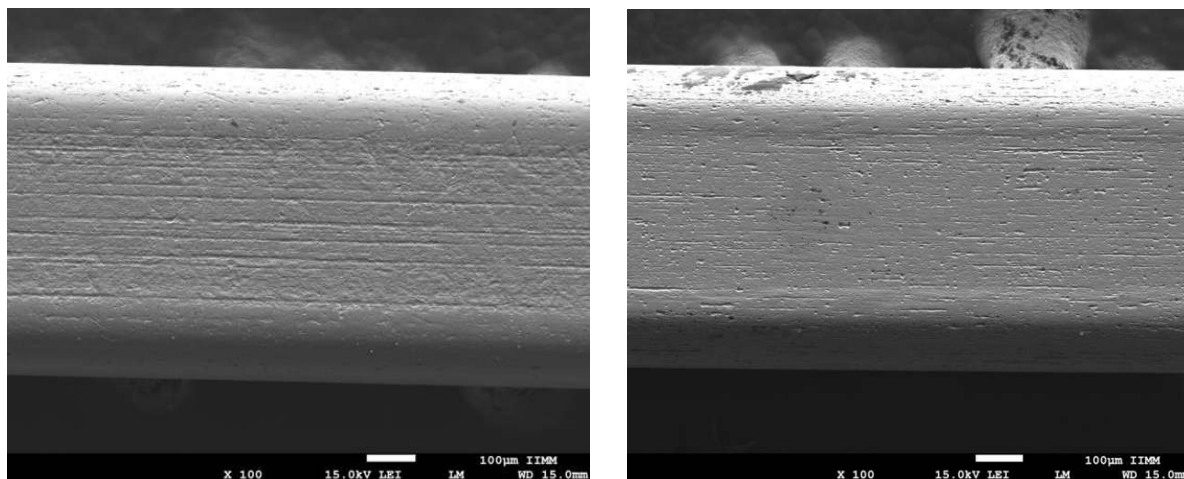


Figura 40. Comparación entre marca TD y ORMCO en una magnificación 250x en segmento 1.

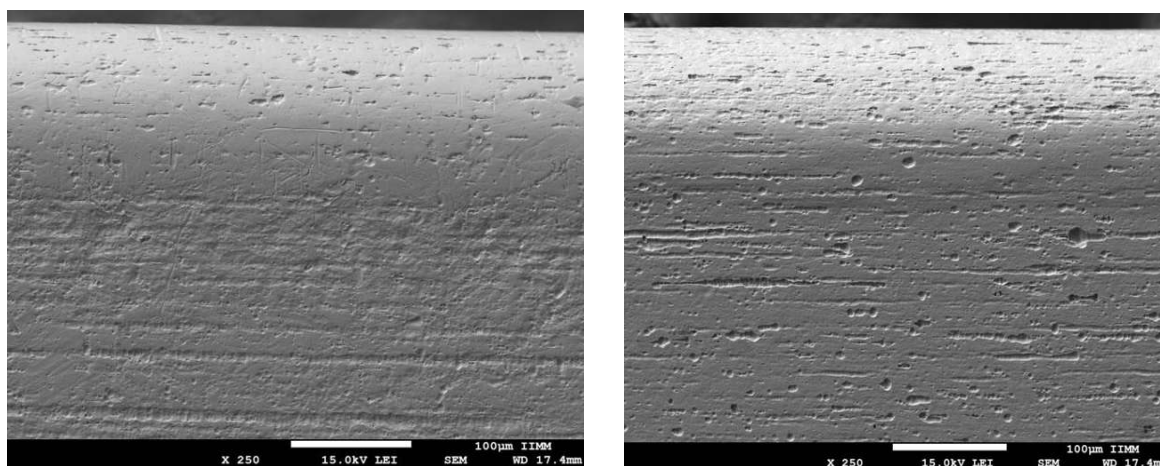


Figura 41. Comparación entre marca TD y ORMCO en una magnificación 250x en segmento 2.

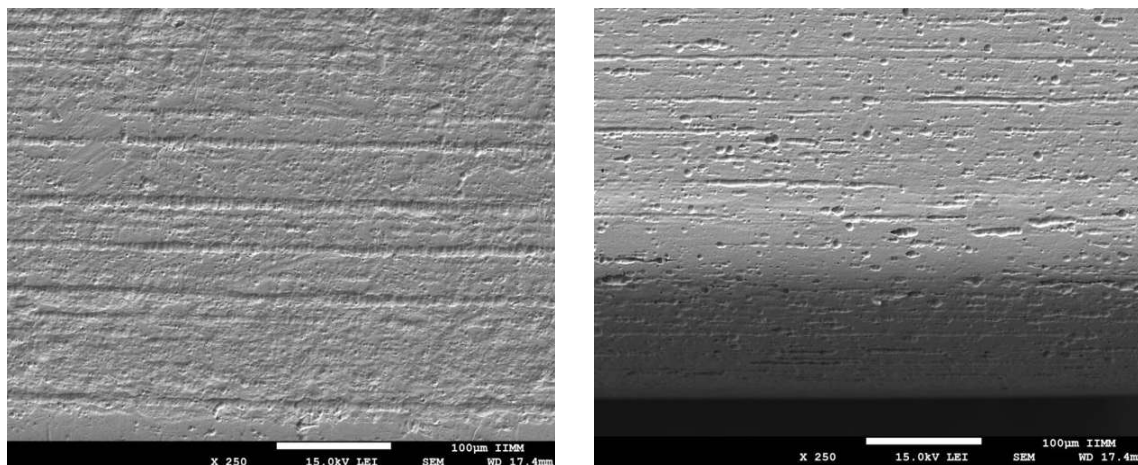


Figura 42. Comparación entre marca TD y ORMCO en una magnificación 250x en segmento 3.

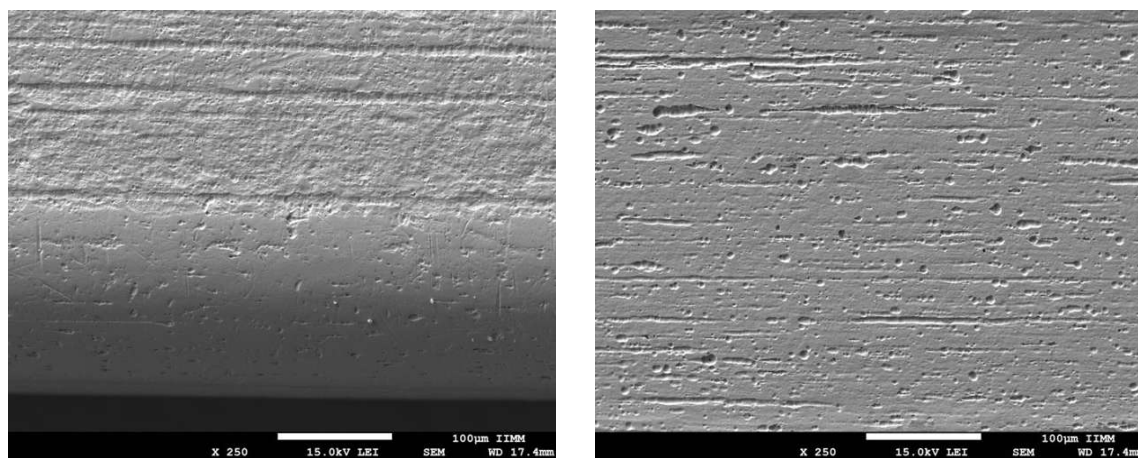


Figura 43. Comparación entre marca TD y ORMCO en una magnificación 500x en segmento 1.

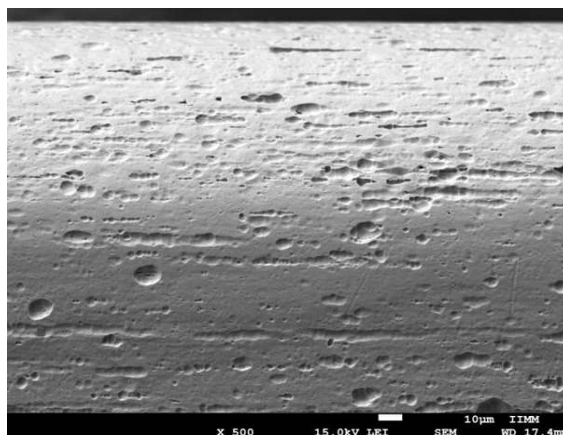
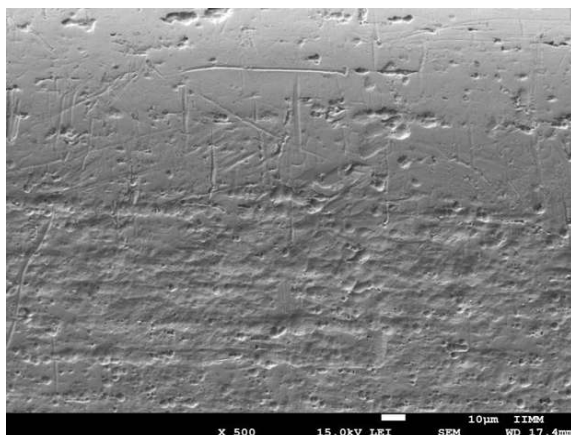


Figura 44. Comparación entre marca TD y ORMCO en una magnificación 500x en segmento 2.

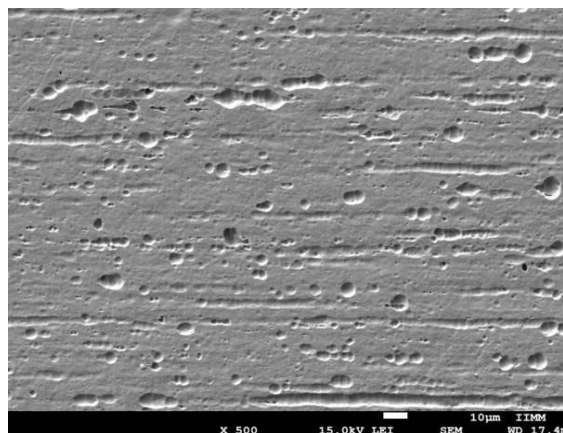
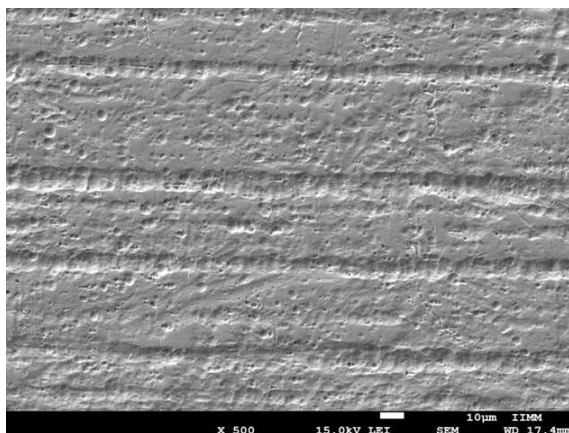
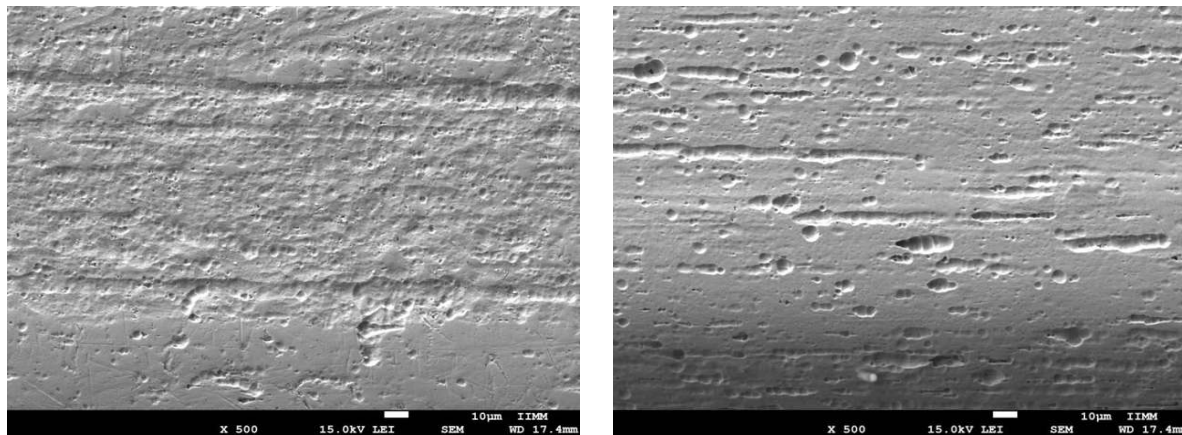


Figura 45. Comparación entre marca TD y ORMCO en una magnificación 500x en segmento 3.



MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO / MAPEO QUÍMICO ELEMENTAL.

- Arco TD copper NiTi 0.018"X 0.025".

Figura 46. Superficie muestra marca TD que se mapeo con electrones secundarios.

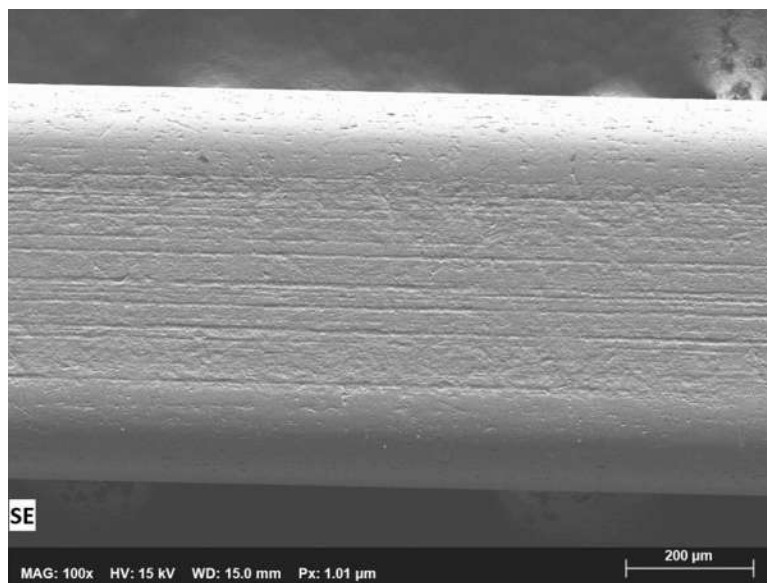


Figura 47. Aleaciones presentes en el mapeo:

- Titanio
- Níquel
- Cobre.

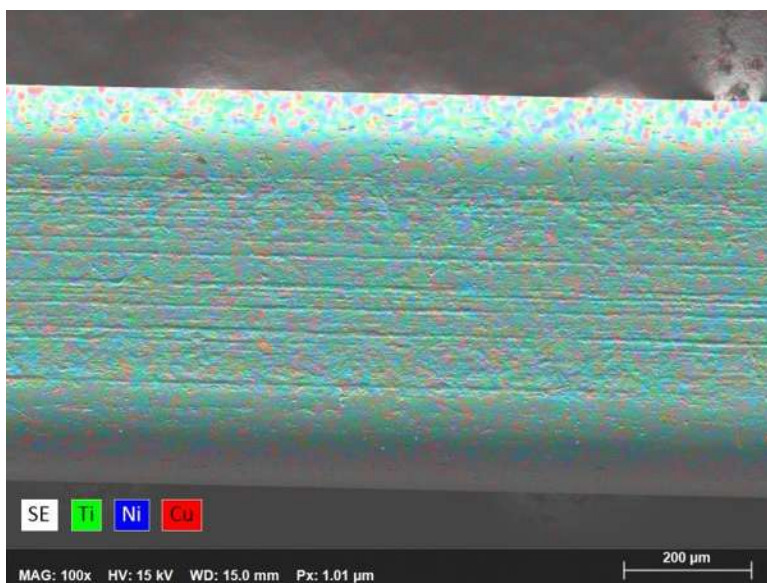


Figura 48. Se observa presencia de cobre en marca TD, que se representa en color rojo.

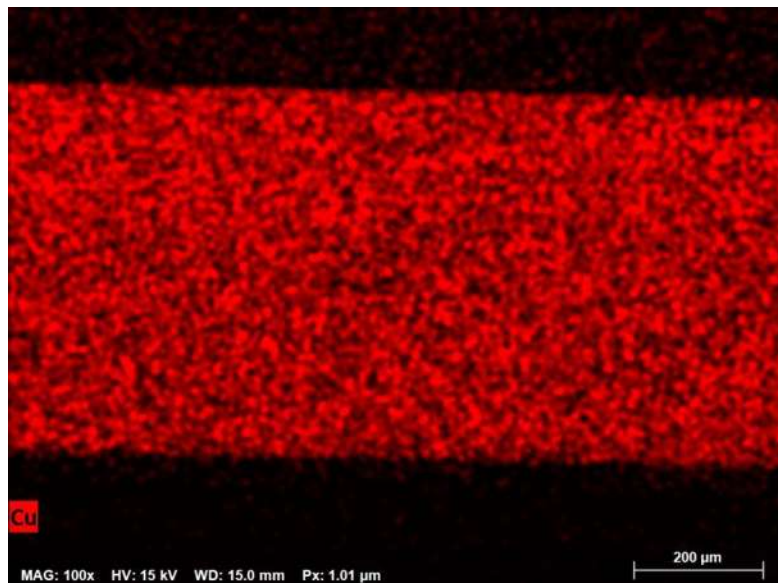


Figura 49. Se observa presencia de níquel en, marca TD, que se representa en color azul.

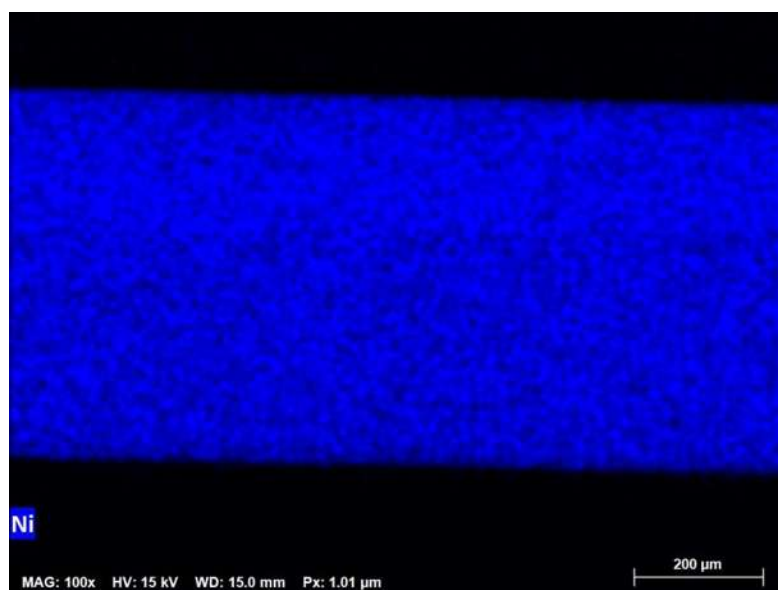
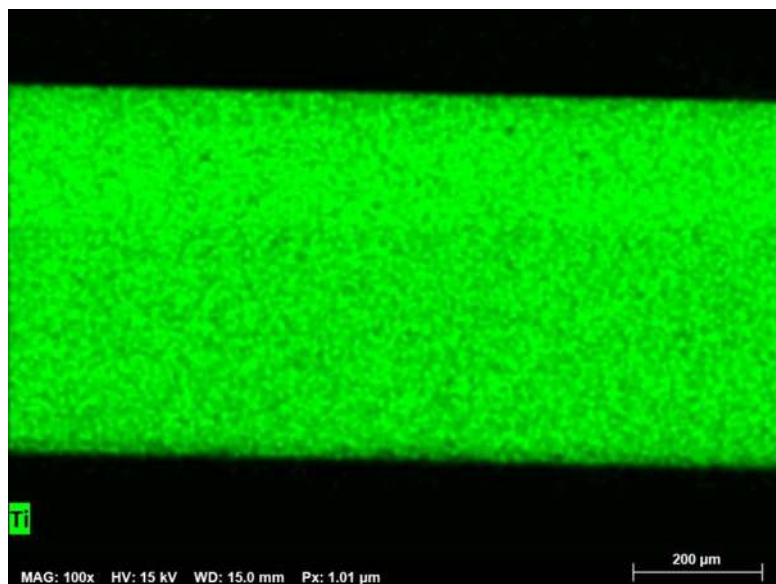


Figura 50. Se observa presencia de Titanio, en marca TD, que se representa en color verde



ESPECTROGRAMA

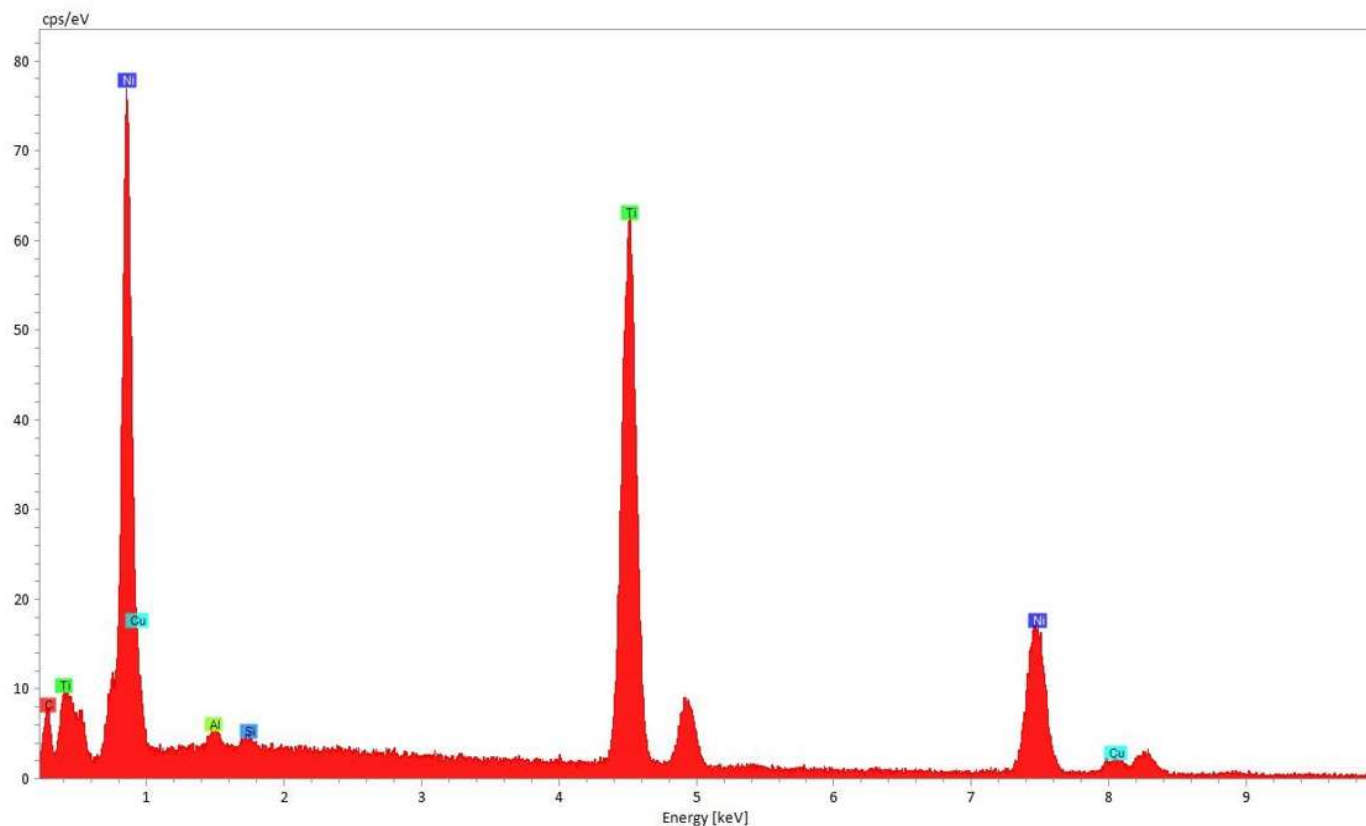


Figura. 51 Tabla de porcentajes elementales en segmento 1.

Elemento	No. At.	Masa Norm.	% Atómico
Titanio	22	44.54537051	47.23809903
Níquel	28	47.94845191	42.33093373
Cobre	29	7.506177607	10.43096732
		100	100

-Se observó la presencia de Aluminio y Silicio en su composición química que debido a la sensibilidad del equipo no fue posible cuantificar que probablemente su contenido este por debajo del 1% en peso.

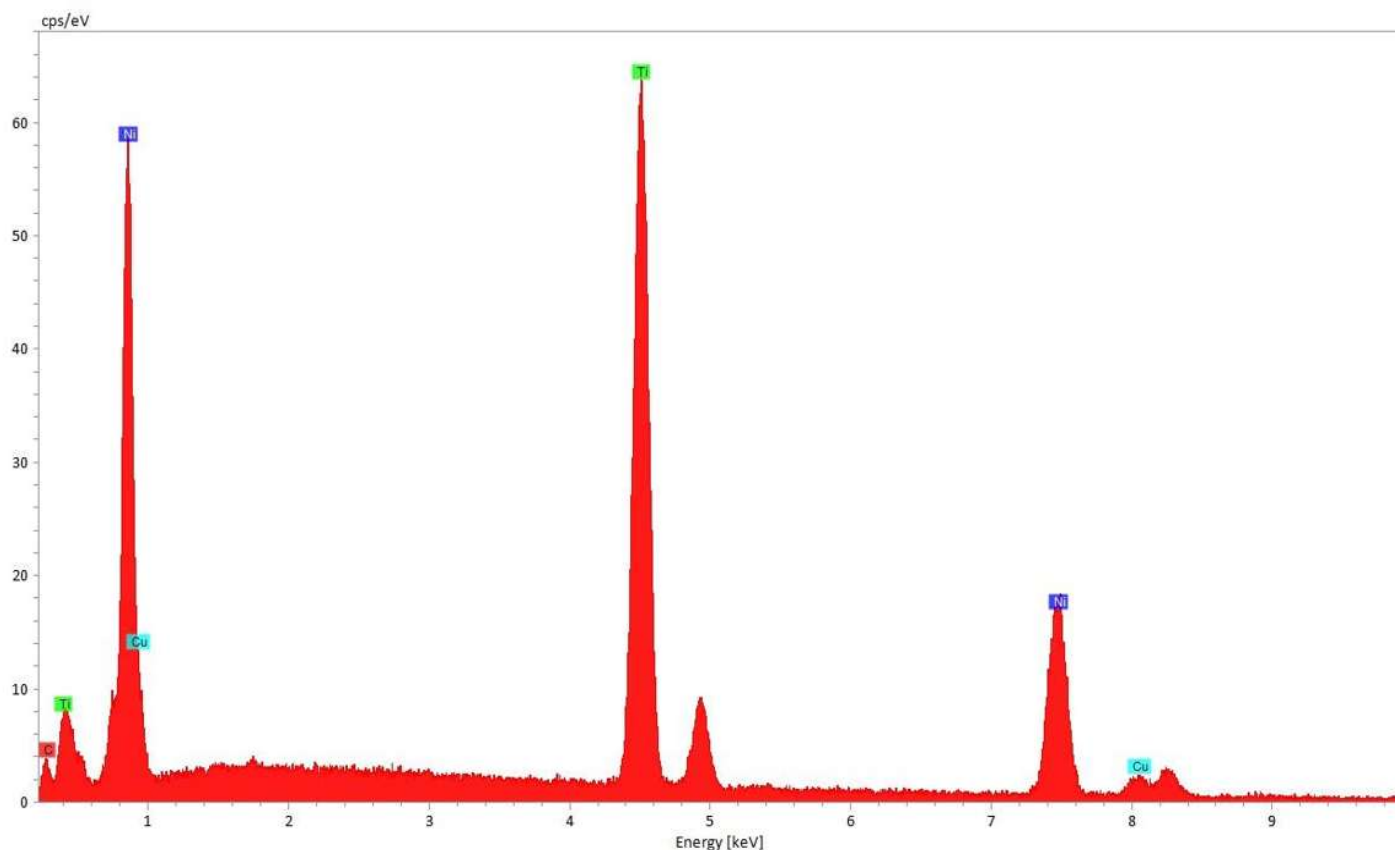


Figura. 52 Tabla de porcentajes elementales en segmento 2.

Elemento	No. At.	Masa Norm.	% Atómico
Titanio	22	45.55982985	49.78457283
Níquel	28	47.70636425	42.90358953
Cobre	29	6.733805893	7.31183773
		100	100

-Se observó la presencia de Aluminio y Silicio en su composición química que debido a la sensibilidad del equipo no fue posible cuantificar que probablemente su contenido esté por debajo del 1% en peso.

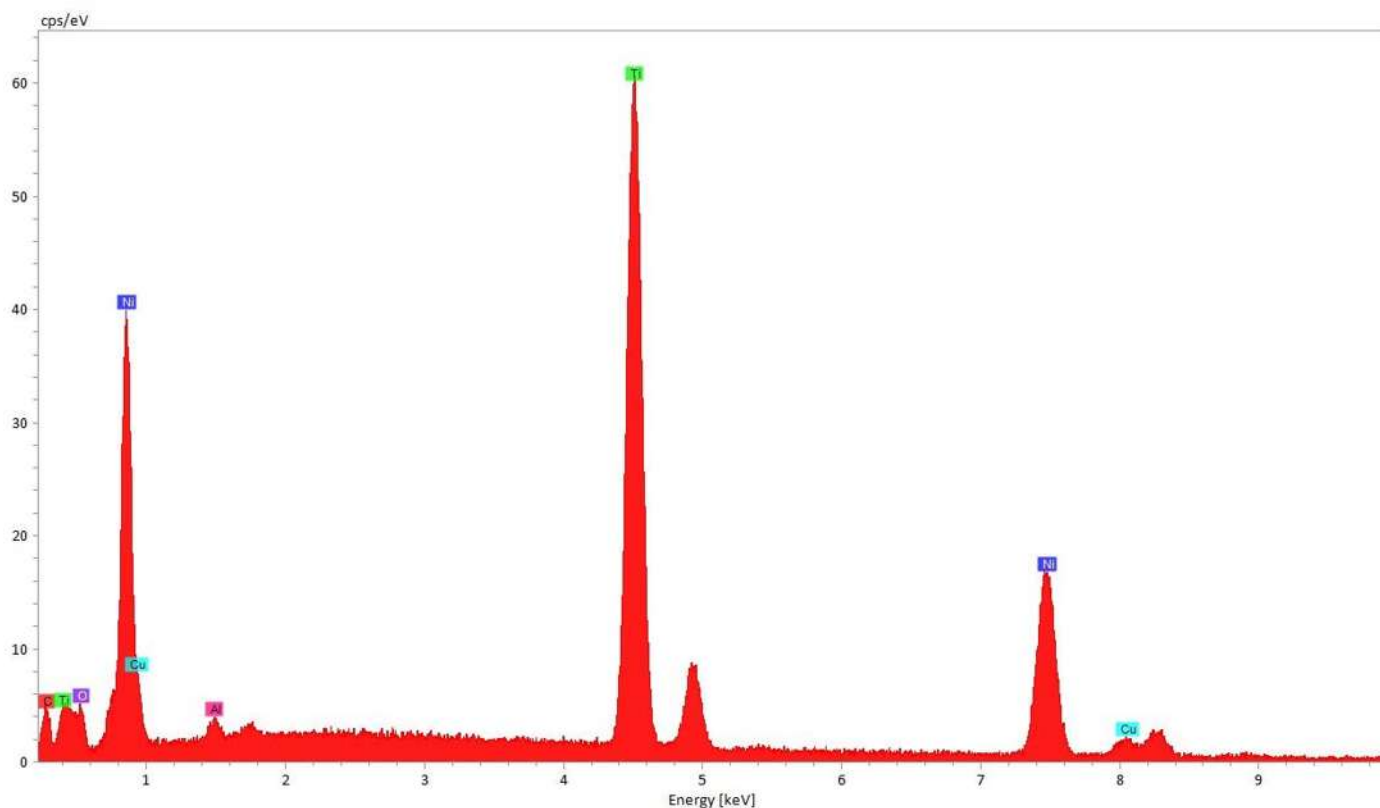


Figura. 53. Tabla de porcentajes elementales en segmento 3.

Elemento	No. At.	Masa Norm.	% Atómico
Titanio	22	45.6393055	50.9403281
Níquel	28	48.0812636	43.77876
Cobre	29	6.27943091	5.28091187
		100	100

-Se observó la presencia de Aluminio en su composición química que debido a la sensibilidad del equipo no fue posible cuantificar que probablemente su contenido esté por debajo del 1% en peso

MAPEO QUÍMICO ELEMENTAL.

*Arco ORMCO copper NiTi 0.018”X 0.025”.

Figura 54. Superficie muestra marca ORMCO que se mapeo con electrones

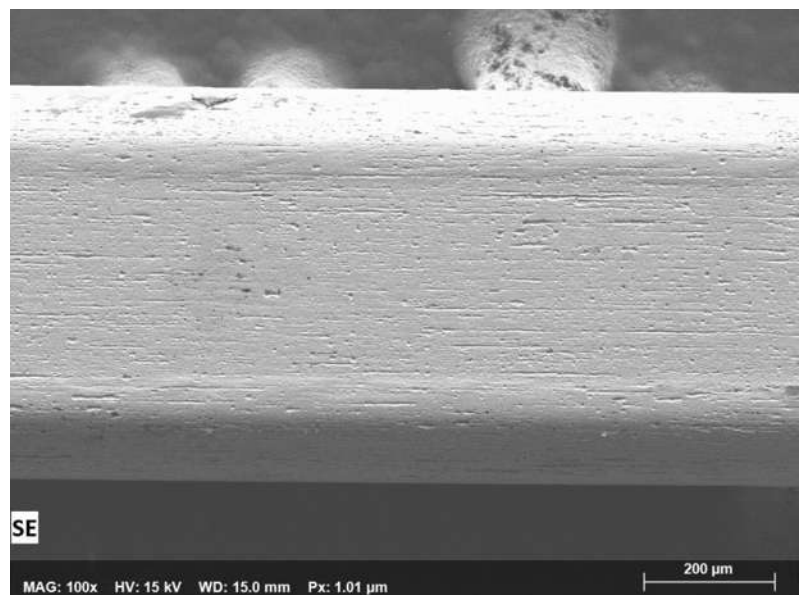


Figura 55. Aleaciones presentes en el mapeo:

- Titanio
- Níquel
- Cobre.

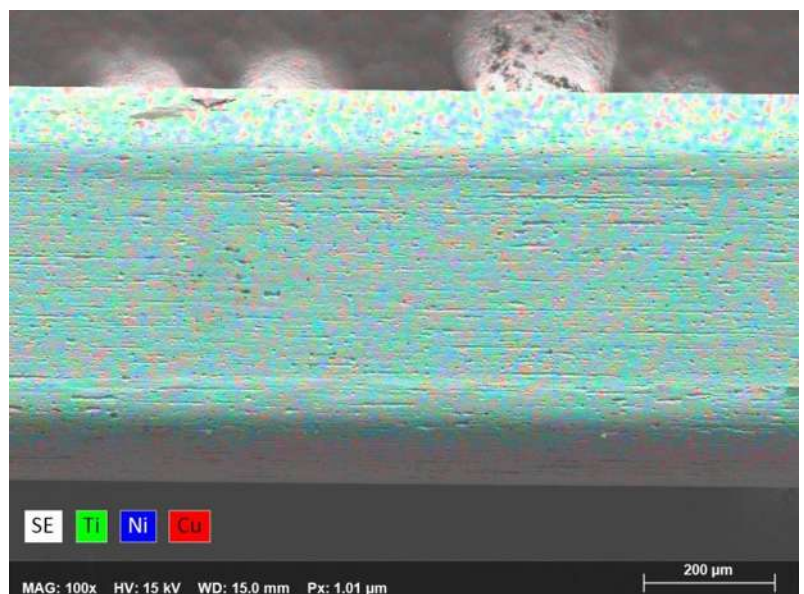


Figura 56. Se observa presencia de cobre en marca ORMCO, que se representa en color rojo.

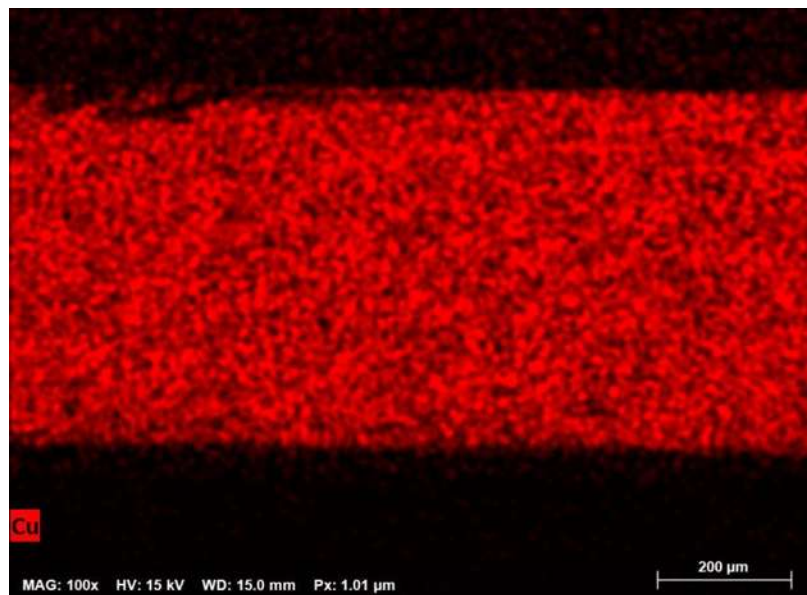


Figura 57. Se observa presencia de níquel en marca ORMCO, que se representa en color azul.

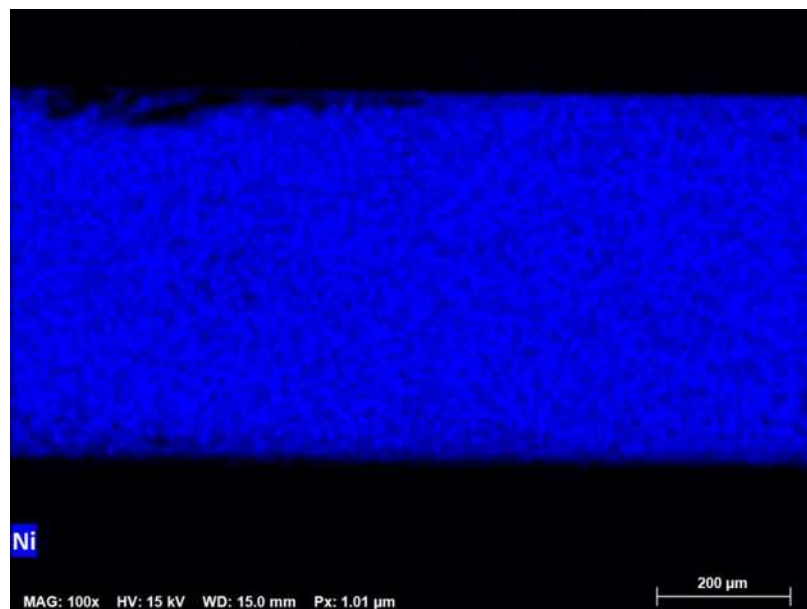
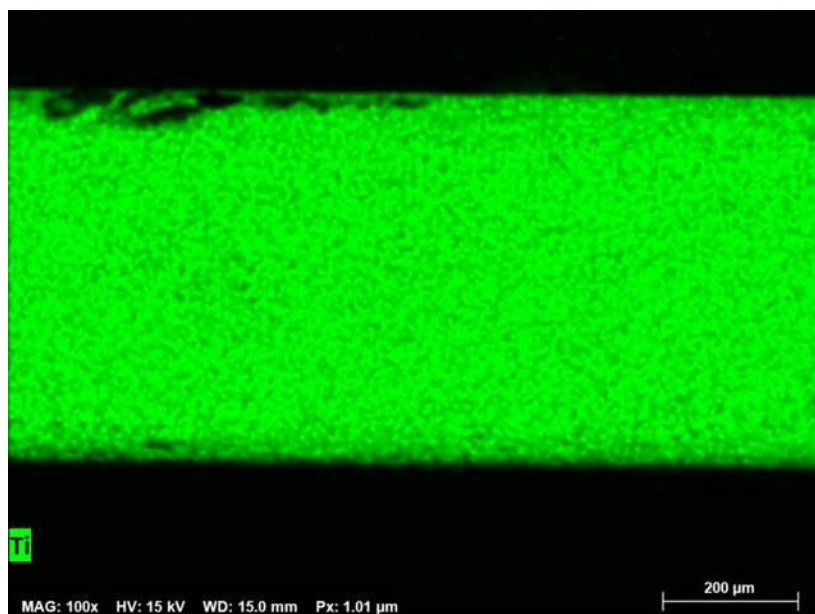


Figura 58. Se observa presencia de titanio en marca ORMCO, que se representa en color verde.



ESPECTROGRAMA

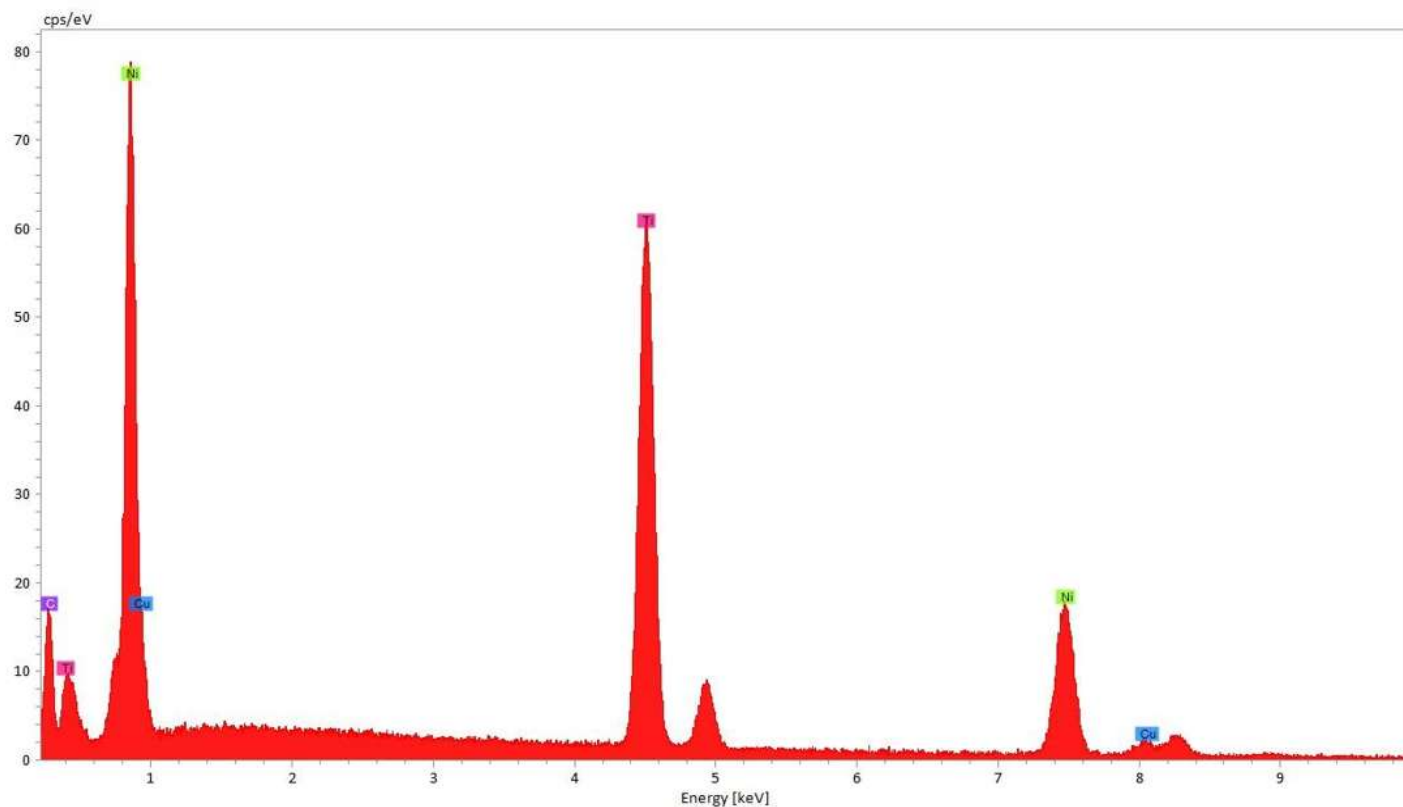


Figura. 59. Tabla de porcentajes elementales en segmento 1.

Elemento	No. At.	Masa Norm.	% Atómico
Titanio	22	46.565618	51.8528891
Niquel	28	47.7810427	43.4038331
Cobre	29	5.65333927	4.7432778
		100	100

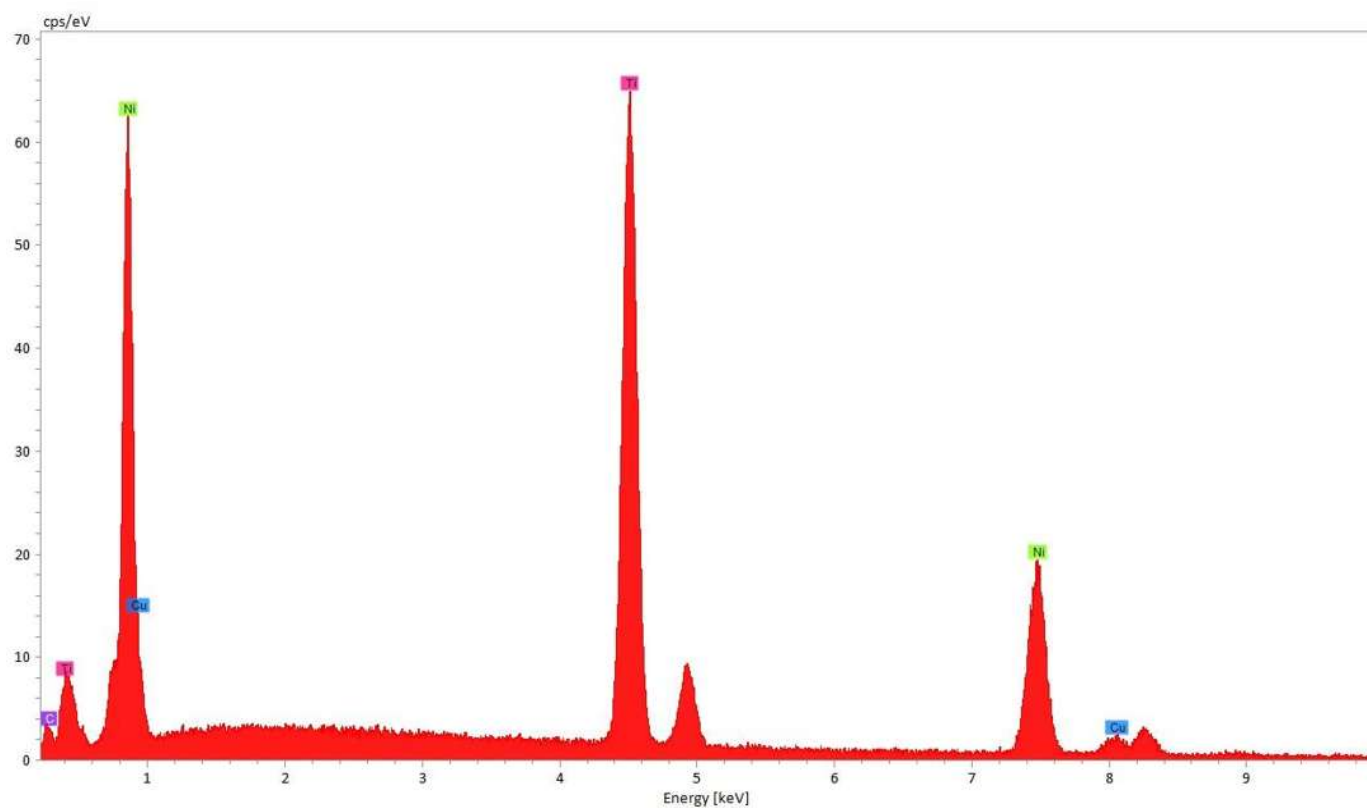


Figura. 60. Tabla de porcentajes elementales en segmento 3.

Elemento	No. At.	Masa Norm.	% Atómico
Titanio	22	42.284063	47.5175162
Níquel	28	51.6091885	47.3117405
Cobre	29	6.10674847	5.17074328
		100	100

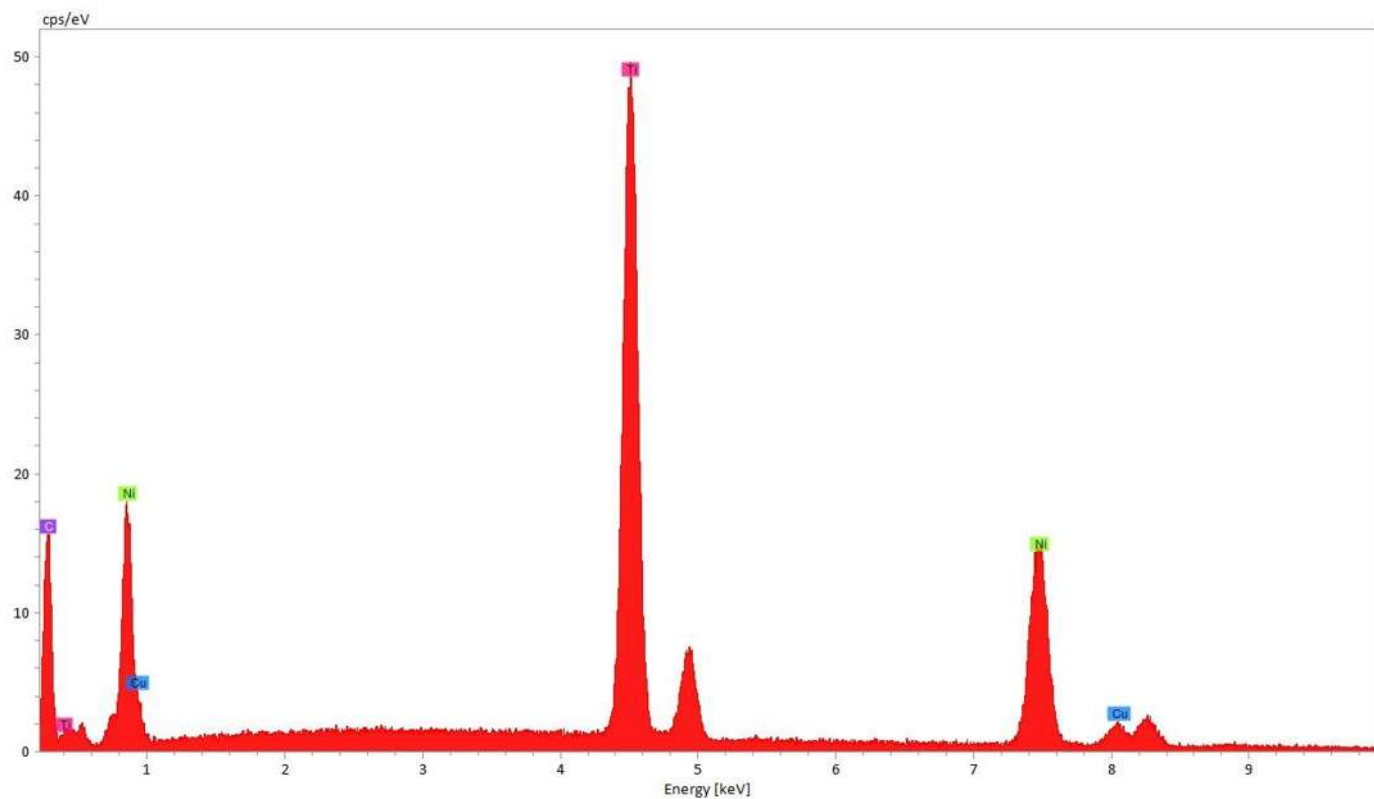


Figura. 61. Tabla de porcentajes elementales en segmento 3.

Elemento	No. At.	Masa Norm.	% Atómico
Titanio	22	44.8375026	50.142885
Níquel	28	48.4581423	44.2078645
Cobre	29	6.70435505	5.64925048
		100	100

PERFILOMETRO OPTICO / ANÁLISIS DE RUGOSIDAD.

- Arco TD copper NiTi 0.018"X 0.025.

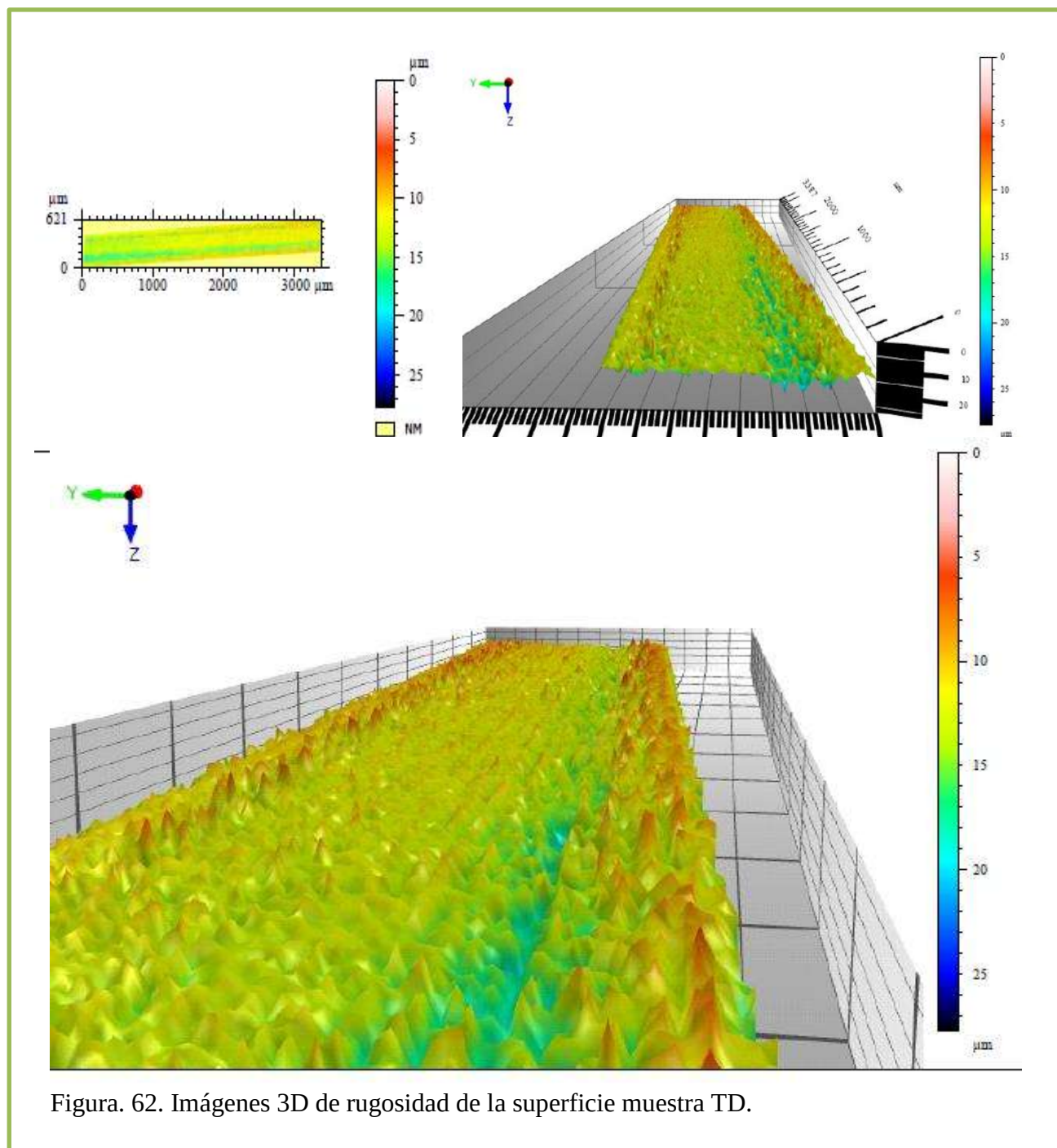


Figura. 62. Imágenes 3D de rugosidad de la superficie muestra TD.

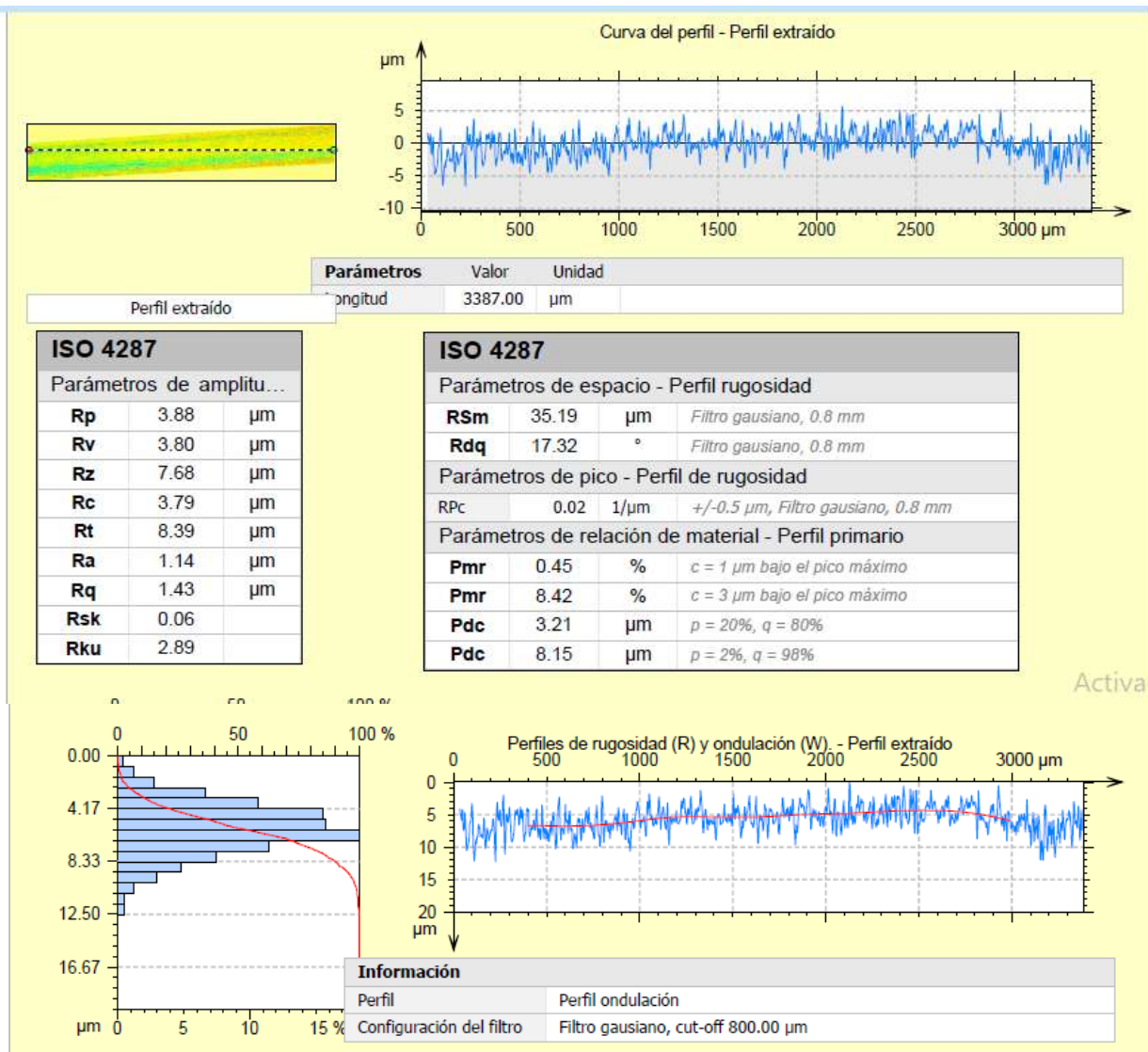


Figura. 63. Resultados otorgados por el perfilometro de muestra TD.

Los valores más destacables de los resultados de la prueba de rugosidad en arco marca td es los parámetros de amplitud como Rp que es la altura máxima del pico del perfil obteniendo 3.88 micrómetros, el parámetro Rv que corresponde a la altura máxima del valle del perfil obteniendo 3.80 micrómetros, en cuanto al parámetro Ra nos proporciona la altura promedio respecto a la superficie promedio 1.14 micrómetros y finalmente el parámetro de espacio RSm que es la anchura promedio de los elementos del perfil siendo 35.19 micrómetros.

PERFILOMETRO OPTICO / ANÁLISIS DE RUGOSIDAD

- Arco ORMCO copper NiTi 0.018"X 0.025

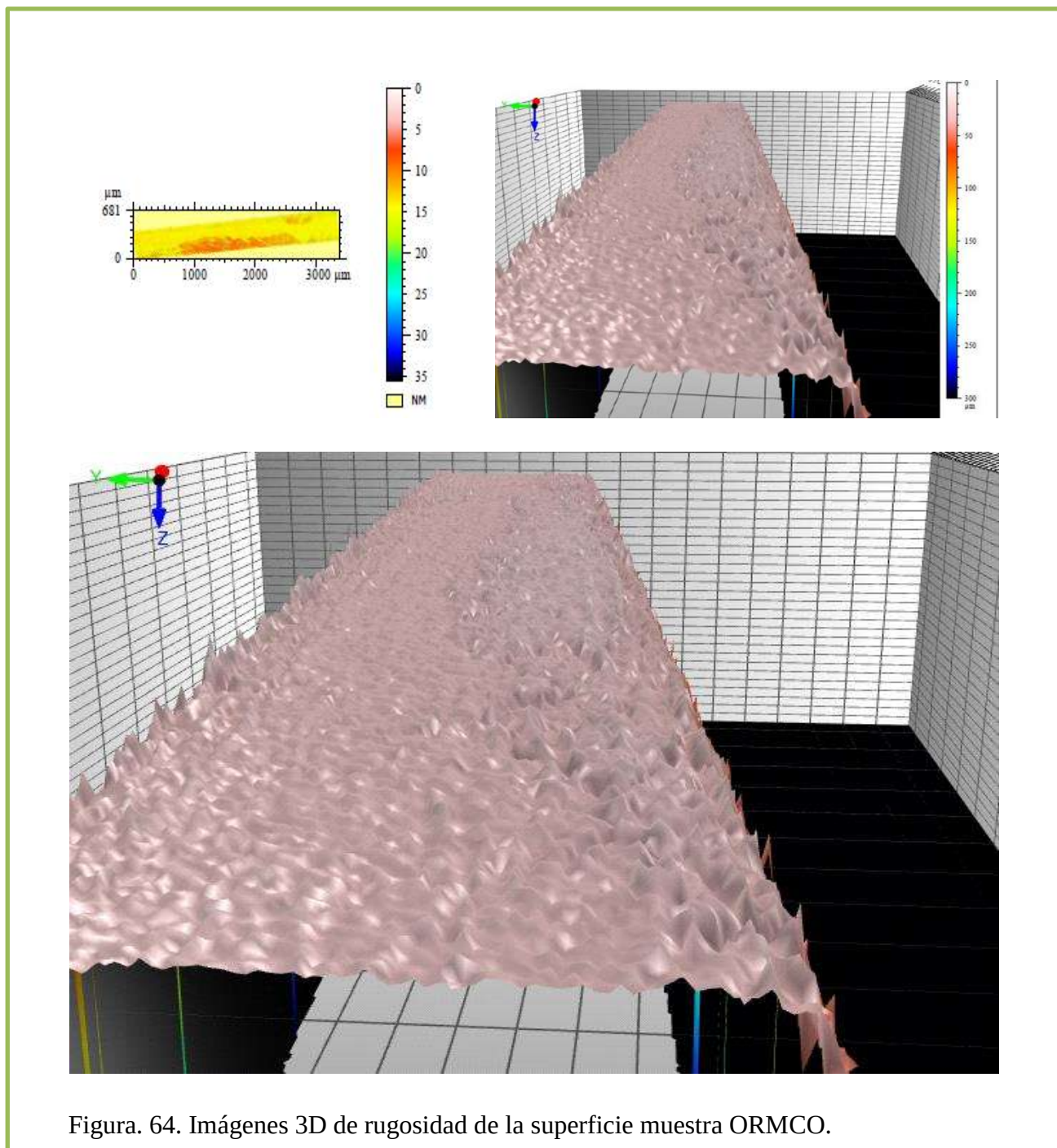


Figura. 64. Imágenes 3D de rugosidad de la superficie muestra ORMCO.

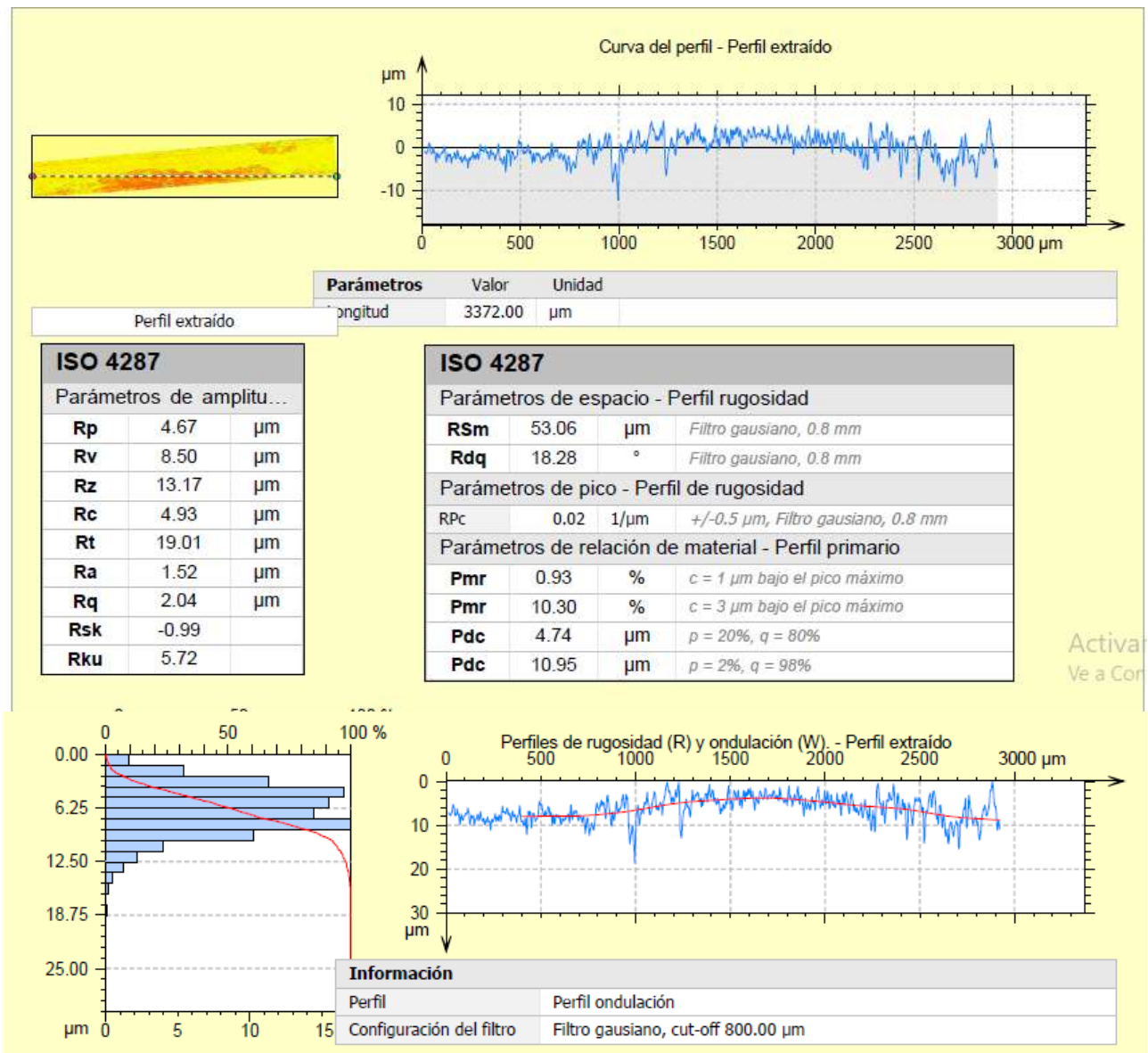


Figura. 65. Resultados otorgados por el perfilometro de muestra ORMCO.

valores más destacables de los resultados de la prueba de rugosidad en arco marca ormco es los parámetros de amplitud como Rp que es la altura máxima del pico del perfil obteniendo 4.67 micrómetros, el parámetro Rv que corresponde a la altura máxima del valle del perfil obteniendo 8.50 micrómetros, en cuanto al parámetro Ra nos proporciona la altura promedio respecto a la superficie promedio 1.52 micrómetros y finalmente el parámetro de espacio RSm que es la anchura promedio de los elementos del perfil siendo 53.06 micrómetros.

MICRODURÓMETRO / ANÁLISIS DE DUREZA DE VICKER

- Arco TD copper NiTi 0.018"X 0.025.



En la figura 66. Al realizar la prueba de dureza mediante el ensayo de Vickers se puede observar la huella de indentación que se registró sobre el arco de la marca TD, en la cual los resultados de las pruebas fueron un poco desfasadas, debido que el segmento del arco presentó irregularidades en su superficie como oxidación, lo cual no permitió un óptimo asentamiento de la punta del diamante.

Title	Time	Force	d1	d2	Hardness	Scale
Label						
Test_ 1	12:02:47pm	0.5	51.63	50.23	357.5	HV
Test_ 2	12:43:52pm	0.5	52.26	50.35	352.2	HV
Test_ 3	12:45:34pm	0.5	53.41	51.76	335.3	HV
Test_ 4	12:48:02pm	0.5	51.37	53.54	337	HV
Test_ 5	12:49:22pm	0.5	51.63	53.67	334.5	HV

Promedio	335.6 HV
Desviación estándar	1.27

Figura 67. Tabla de resultados TD copper NiTi.

El resultado promedio de la prueba de dureza Vickers en el arco marca TD es de 335.6 Hv comparado con equivalencias a la dureza corresponde a un resistencia a la tracción de 1095 N/mm² equivalente a 111 kilogramos (24) aproximadamente. Suficientemente resistente para soportar las fuerzas de masticación sin sufrir alguna fractura o deformación permanente.

MICRODURÓMETRO / ANÁLISIS DE DUREZA DE VICKER

- Arco ORMCO copper NiTi 0.018" x 0.025.

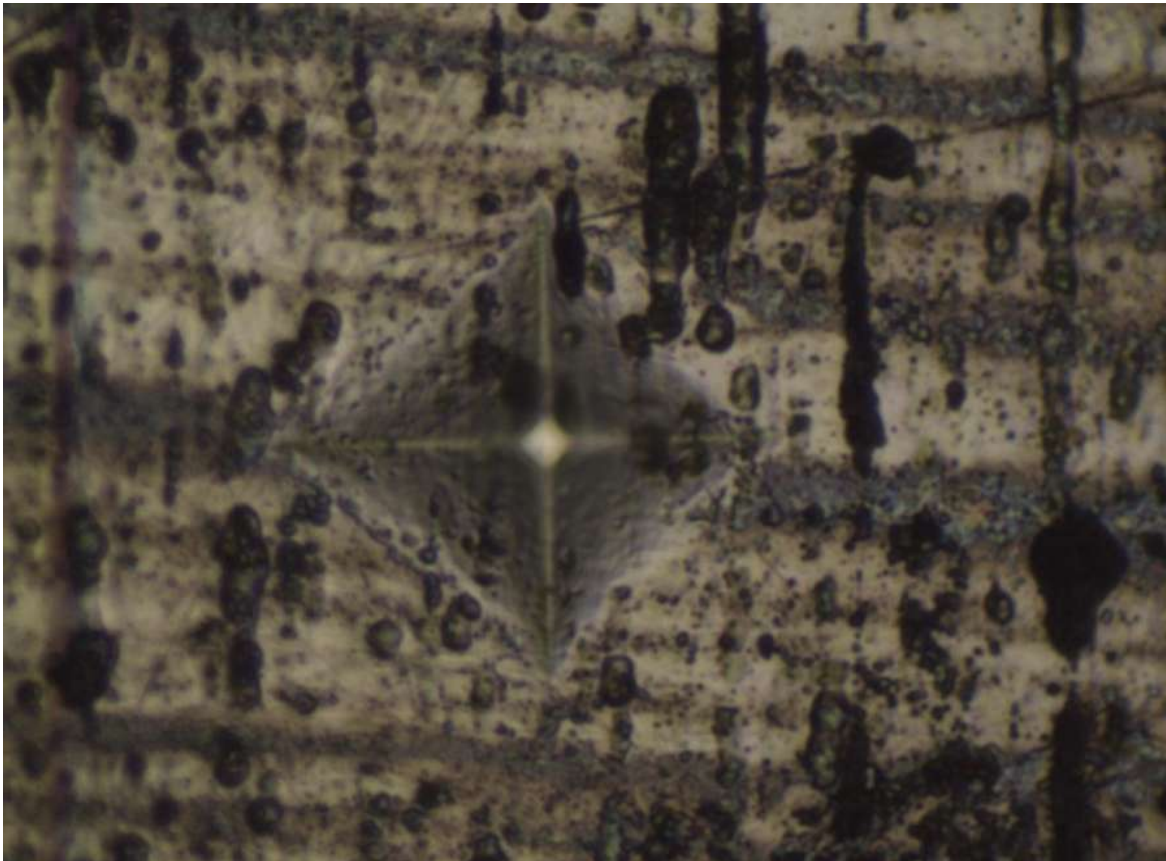


Figura 68. Al realizar la prueba de dureza mediante el ensayo de Vickers se observa la huella que hizo el penetrador piramidal de diamante de base cuadrada, denominado indentación registrada en el arco de la marca ORMCO.

Title	Time	Force	d1	d2	Hardness	Scale
Label						
Test _ 1	11:22:47am	0.5	53.22	52.33	332.9	HV
Test _ 2	11:24:36am	0.5	53.22	52.78	330.1	HV
Test _ 3	11:26:11am	0.5	52.71	54.18	324.6	HV
Test _ 4	11:31:05am	0.5	52.71	53.41	329.3	HV
Test _ 5	11:41:06am	0.5	52.71	53.41	329.3	HV

Promedio	329.2 HV
Desviación estándar	1.49

Figura 69. Tabla de resultados ORMCO copper NiTi.

El resultado promedio de la prueba de dureza Vickers en el arco marca ORMCO es de 329.2 Hv comparado con equivalencias a la dureza corresponde a un resistencia a la tracción de 1060 N/mm² equivalente a 109 kilogramos (24), suficientemente resistente para soportar las fuerzas de masticación sin sufrir alguna fractura o deformación permanente.

13. DISCUSIÓN

El presente estudio de investigación reproducible y replicable se realizó con la finalidad de comparar la composición, rugosidad y dureza entre dos marcas de arco Copperniti (cobre-níquel- titanio), las cuales fueron ORMCO y TD, el análisis de su composición y descripción de su superficie fue mediante el microscopio electrónico de barrido, perfilómetro y microdurómetro.

Los resultados más sobresalientes en cada una de sus pruebas fueron los siguientes.

Existe una diferencia de composición con respecto a cada alambre. Debido a que en tres diferentes zonas del mismo alambre se observó; una diferencia de composición elemental en el caso del arco marca ormco se encontró una diferencia de porcentaje en peso en el titanio alrededor de 4%, para el níquel 4% y del cobre 0.5% . En cuanto al arco marca td se encontró un variación en porcentaje en peso de 2% en titanio, 2% níquel y solamente 1% en cobre. Teniendo el alambre marca td una composición elemental más uniforme.

En cuanto a la presencia de todos los elementos declarados por cada marca en su composición, la marca ormco registra en su manual de productos que el arco copper NiTi está fabricado con níquel, titanio, cobre y cromo (25). En el mapeo de este estudio no se encontró ningún porcentaje de cromo en la aleación y en coincidencia por lo informado en su artículo por Abdo, Gravina et al. En donde no se encontró ningún porcentaje de cromo en la composición de los alambres de CuNiTi de la marca ormco.

Los arcos marca td en su manual de producto refiere el contenido en la aleación de los elementos níquel, titanio y cobre, cumpliendo con ellos pero además fueron descubiertos otros elementos como el aluminio y silicio en muy baja cantidad y de manera superficial.

El análisis de rugosidad nos arrojó que la marca de arco ormco sus valores fueron significativamente superiores a la marca td, tanto en parámetros de perfiles de amplitud como perfiles de espacio, que significa una superficie con más porosidad, esto coincide con los observado en el microscopio electrónico de barrido.

Los defectos de mayor rugosidad en superficie nos indicará también una mayor adherencia microbiana así como la rugosidad influye en el tipo y magnitud de corrosión donde es bien conocido que una superficie bien pulida sufre menos corrosión y adhesión de microorganismo que una superficie rugosa.

Al realizar las pruebas de dureza, obtuvimos una dureza promedio en el arco marca ORMCO de 329.2 Hv que corresponde a una resistencia a la tracción de 109 kilogramos aproximadamente que de acuerdo a lo mencionado en su estudio Curique Aldo et al. Sobre la evaluación de la fuerza masticatoria en adultos donde registra que la fuerza ejercida por el sexo masculino fue de 698, 516, 322 y 220 N, en las regiones molar, premolar, canina e incisiva, respectivamente. Por otro lado, en el sexo femenino se observaron valores medios de 466, 431, 232 y 174 N en las regiones molar, premolar, canina e incisiva, respectivamente (27). En comparación con la resistencia a la tracción de este arco que es de 109 kilogramos nos atrevemos a confirmar que es suficientemente fuerte para resistir las fuerzas de masticación sin sufrir alguna fractura.

Mas sin embargo el arco de la marca TD resultó con una dureza promedio de 335.6 Hv que corresponde a una resistencia a la tracción de 111 kilogramos aproximadamente, contando con un rango de resistencia a un mayor que la marca ormco, esto nos reafirma que el arco marca TD nos ofrece a un una mayor seguridad y confianza por su mayor resistencia, que evitara alguna deformación permanente o fractura en el arco.

14. CONCLUSIONES

Composición: En comparativa de las dos marcas ORMCO y TD, en los arcos ormco se encontró mayor diferencia de porcentaje de composición elemental en su arco, pero en los arcos marca TD se observó la presencia en su composición de impurezas como aluminio y silicio de manera superficial pudiendo ser residuos de fabricación.

Rugosidad: Fue significativa la diferencia de defectos de rugosidad mayores en el arco marca ORMCO en comparación con el arco marca TD, que favorecerá a la adhesión de microorganismos, mayor presencia de corrosión así como afectación en el comportamiento friccional.

Dureza: La dureza de los arcos marcas TD fue superior a la de la marca ORMCO, por lo cual podemos estar más seguros de la resistencia a la fuerza masticatorias, evitando alguna deformación o fractura en el alambre TD.

Con este estudio confirmó la hipótesis 0 donde se expresa que los arcos ortodóncicos rectangulares 0.018" x 0.025" Copper NiTi TD presentan características superiores que los arcos rectangulares Copper NiTi ORMCO, debido a que estos presentaron durante el estudio las mejores propiedades tanto en composición elemental, como en características superficiales y en dureza, en comparación con la marca ORMCO la cual teniendo un costo más elevado no logra ser superior que la marca TD.

Siendo entonces esta una razón de consideración para elegir los arcos copper NiTi de la marca TD, beneficiando al paciente en su tratamiento con sus propiedades físicas, químicas y mecánicas superiores a lo largo del tratamiento de ortodoncia.

15. BIBLIOGRAFÍA

1. Proffit, W. e. (2008). *Ortodoncia contemporánea* (4ta ed.). Barcelona, España: Elsevier.
2. Sandoval, P. y. (2015). Forma del arco dentario en ortodoncia. *Tamé*, 3(9), 327-33.
3. Rossi, M. (2002). *Ortodoncia practica*. Amolca.
16. C, A. S. (2016). Acero inoxidable: Datos de material para el practicante en ortodoncia. *Nacodontol*, 11(20), 71-82.
17. Farah, M. (2016). *Determinacion de la distribucion de tensiones en diferentes arcos de ortodoncia*. Cordoba, Argentina: Universidad nacional de Cordoba.
18. L., V. (2006). *Alambres termoactivados*. Lima, Peru: Universidad Peruana Cayetano.
19. J, C. (1999). El siglo de oro de la ortodoncia. *Esp. Ortod*, 29.
20. Huerta, K. (2017). *Niveles de fuerza y carga deflexion de cuatro tipos de arcos ortodontico*. Huanuco, Peru: Universidad de Huanuco.
21. Ramos, V. e. (2010). Propiedades mecánicas de tres marcas de arcos ortodóncicos de niquel- titanio termoactivados. Estudio in vitro. *Odontol Sanmarquina*, 13(1), 23-27.
22. Mendoza, S. y. (Octubre de 2015.). Forma de arco dental en ortodoncia. *Tame.*, 3(9), 327-33.
23. Sandoval, P. y. (2015). Forma del arco dentario en ortodoncia. *Tamé*, 3(9), 327-33.
24. Castillo, E. e. (2009). Analisis angulo deformacion torque en arcos NiTi superelaticos. *Oral*, 10(32), 548-551.
25. Groover, M. (19997). *Fundamentos de manufactura moderna* (1 ed.). Mexico: Prehtice-hall Hispanoamericana.
26. Loeza, E. (2012). *Analosos de ña rugosidad inducida por corrosion in vivo en arcos termoactivados*. Morelia, Michoacan: Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo.
27. Abdo, M. (2014). Mechanical properties of NiTi and CuNiTi wires used in orthodontic treatment.Part 2: Microscopic surface appraisal and metallurgical characteristics. *Dental press J. Orthod*, 19(1), 69-76.
28. Pomper, R. y. (2014). Interlot variations of transition temperature range and force delivery in copper-nickel-titaniumorthodontic wires. *AJO-DO*, 146, 25-26.

29. Jeyriss, J. e. (2019). Comportamiento de la rugosidad superficial del acero luego de exposición natural en exterior e interior. *UDC actualidad y divulgacion*, 22(1)..
30. Serope, K. y. (2002). *Manufectura, ingenieria y tecnologia* (4ta ed.). Mexico: Prentice Hall.
31. ingenieria, F. d. (s.f.). *Practica de dureza*. Universidad nacional autonoma de Mexico.
32. Chandler, H. (1999). *Hardness Testing* (2da ed.). ASM International.
33. Egas, D. (1998). *Microscopia electronica: Fundamentos. teoria y aplicaciones*. Quito, Ecuador: Escuela politecnica nacional.
34. Goldsten, J. e. (2017). *Scannig electron microscroscopy and x- ray microanalysis* (4ta ed.). Springer.
35. Ipohorski, M. y. (2013). Microscopia electronica de barrido en la caracterizacion de materiales . *Ciencia e investigacion* , 63(3).
36. ORMCO, C. (s.f.). <https://ormco.es/productos/arcos-dentales/>.
37. TD, C. (s.f.). <https://dokumen.tips/documents/catalogo-tdorthodontics-es-la-casa-comercial-especializada-en-la-venta-de.html?page=1>.
38. Curiqueo, A. e. (2015). Evaluacion de la fuerza masticatoria movimiento funcional en adultos jovenes chile. *Int. J. Odontostomat*, 9(3), 443-447.