

## Comportamiento metalúrgico de mini implantes de Ti-6Al-4V como anclaje temporal en aplicaciones de ortodoncia

*Metallurgical Behavior of Ti-6Al-4V Alloy Mini-Implants as a Temporary Anchorage Device in Orthodontics Applications*

Mendoza-Bravo Ivan

*Instituto de Investigaciones Metalúrgicas*

*Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*

Correo: ivanmendozabravo@gmail.com

Arias-González José Antonio

*Posgrado de la Facultad de Odontología*

*Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*

Correo: drjaag@gmail.com

Villalobos-Vera Doris Ivette

*Instituto de Investigaciones Metalúrgicas*

*Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*

Correo: villalobosvd@gmail.com

Ruiz-Reyes Héctor

*Posgrado de la Facultad de Odontología*

*Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*

Correo: ruizreyes2003g@yahoo.com.mx

Información del artículo: recibido: noviembre de 2011, reevaluado: febrero y agosto de 2012, aceptado: febrero de 2012

### Resumen

El uso de mini implantes como sistema de anclaje temporal en ortodoncia, es una técnica relativamente nueva que permite el movimiento de los dientes de una manera eficiente y predecible. A pesar de que se han comenzado a utilizar en diversos países como Alemania, Japón y Corea del Sur, aún existe la necesidad de analizar y dar a conocer las ventajas de este procedimiento sobre los tratamientos tradicionales. En este trabajo se analizó la integridad de mini implantes fabricados de una aleación de titanio tipo Ti-6Al-4V empleados temporalmente por 4 meses en tres pacientes como anclaje ortodóntico. Los mini implantes se analizaron mediante microscopía electrónica de barrido para determinar cambios superficiales, microestructurales y su interacción con el tejido humano. Los resultados mostraron la presencia de desgaste en la zona de la rosca causado durante la inserción al hueso maxilar y la adherencia de tejido orgánico en dos de los mini implantes.

### Descriptores:

- mini-implante
- aleación de titanio
- ortodoncia
- análisis metalúrgico
- anclaje temporal

## Abstract

*The application of mini implants as a temporary anchorage device in orthodontics is a new technique that allows the movement of teeth in an efficient and predictable way. Although they have started to be used in Germany, Japan and South Korea, there is still the need to analyze and diffuse the advantages this procedure can offer over the traditional techniques. The objective of this research work was to analyze the integrity of Ti-6Al-4V mini implants temporarily employed for 4 months on three patients as an anchorage device. The mini implants were analyzed by means of electron scanning microscopy in order to determine superficial and microstructural changes as well as the interaction with human tissue. Results showed the presence of wear on the thread zone caused during the insertion into the maxilar bone. The adherence of organic tissue was also observed on two mini implants.*

### Keywords:

- mini implant
- titanium alloy
- orthodontics
- metallurgical analysis
- temporary anchorage device

## Introducción

En 1900, Angle propuso realizar el movimiento de dientes mediante la aplicación de fuerzas para hacerlos cambiar de posición utilizando otro diente como anclaje (Angle, 1900). Sin embargo, el diente de anclaje, experimentaba una fuerza de la misma magnitud, pero en dirección opuesta, promoviendo movimientos indeseables de otros dientes. Eventualmente, este problema llevó al desarrollo de una técnica de anclaje esquelético en 1945 por Gainsforth y Higley en sus primeros experimentos utilizando tornillos y la cual fue revisada posteriormente por Creekmore y Eklund en 1983; Roberts *et al.*, 1990 y Turley *et al.*, 1998, demostrando que los dientes podían ser movidos sin causar efectos secundarios en otro grupo de dientes utilizando un implante anclado en el hueso de la mandíbula (Ludwig *et al.*, 2008, Lee *et al.*, 2007).

A partir de este nuevo concepto, se originaron diversos desarrollos como el uso de implantes osteointegrables (Ödman *et al.*, 1988; Roberts *et al.*, 1990; Triaca *et al.*, 1992; Wehrbein *et al.*, 1996), mini-placas (Jenner y Fitzpatrick, 1985; Umemori *et al.*, 1999) y on-plants (Block y Hoffman, 1995) para movimiento ortodóncico (Favero *et al.*, 2007). Desafortunadamente, algunos requerían una osteointegración antes de que la fuerza ortodóncica pudiera aplicarse, su costo era elevado, no podían colocarse en cualquier área de la boca y, para la mayoría, la implantación y remoción eran complejas. Por estas razones, en 1997, Kanomi propuso la utilización de tornillos quirúrgicos de titanio<sup>1</sup> como anclaje temporal para movimientos ortodóncicos (Kanomi 1997), con lo cual, se eliminaban los problemas de los sistemas tradicionales y, algo muy importante, era tolerable para los pacientes.

<sup>1</sup> También conocidos como mini tornillos, mini implantes, pins o TAD (Temporary Anchorage Device)

Gracias a las ventajas que ofrecen los mini implantes, desde el año 2003 se ha observado un incremento en artículos científicos sobre su aplicación (Lee *et al.*, 2007). Sin embargo, el verdadero impacto tanto científico como tecnológico, se basa en la aceptación social de esta nueva técnica de ortodoncia. El propósito de este artículo, es presentar y evaluar el comportamiento de mini implantes de Ti-6Al-4V como anclaje temporal para movimiento ortodóncico después de haber sido empleados en pacientes.

## Materiales y métodos

### Caso clínico

Se seleccionaron 3 pacientes en un rango de edad de 18 a 23 años, dos de sexo masculino y uno de sexo femenino. Los tres presentaban el caso de mordida profunda anterior tal como se ilustra en la figura 1. Por esta razón, uno de los principales objetivos fue instruir el segmento anterior para mejorar la relación de los contactos dentales (nivelación del plano oclusal).



Figura 1. Paciente con mordida profunda anterior

Además de que los TAD's son empleados para mejorar el anclaje y producir un movimiento de dientes controlado, también reduce significativamente el tiempo de tratamiento ortodóncico. En el caso de los tres pacientes, se estima que el tiempo de tratamiento mediante técnicas tradicionales se realizaría entre 32 y 40 semanas. Para comparar los tiempos de tratamiento con las técnicas tradicionales, se utilizaron mini tornillos fabricados con la aleación *Ti-6Al-4V* (*grado 5*) con las siguientes dimensiones: una cabeza con longitud de 2.3 mm y 2.3 mm de diámetro, canal de anclaje en forma de cruz con una profundidad de 1.15 mm para ser utilizado como un bracket convencional. El cuello cónico para el área de la encía (mucotomía) tiene una longitud de 2.3 mm y un diámetro máximo de 2.8 mm. La rosca tiene una longitud de 6 mm y un diámetro de 1.6 mm tal como se muestra en la figura 2.

La colocación de los pins en cada paciente se realizó ubicándolos entre los dientes incisivo central y lateral en ambos lados de la arcada como se muestra en la figura 3. Para la inserción, se aplicó una anestesia tópica en la encía del paciente para disminuir las molestias y posteriormente se introdujo el pin con un desarmador diseñado por el fabricante para dar un torque determinado.

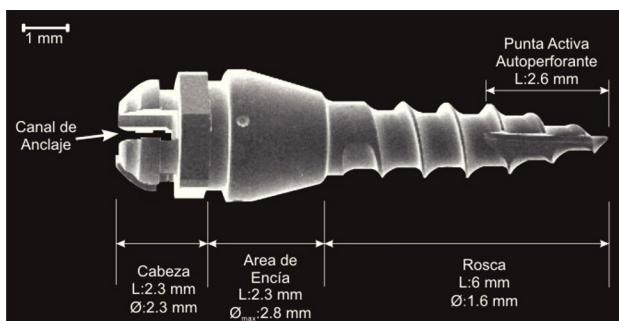


Figura 2. Mini implante en su condición de recibido observado mediante microscopía electrónica de barrido

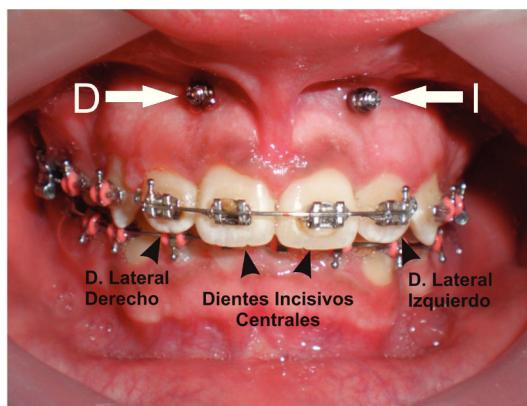


Figura 3. Ubicación de los mini implantes en el paciente

Inmediatamente después de haber sido implantados, los mini implantes se sometieron a una carga de 0.73N (75 grf) y se mantuvieron en los pacientes hasta cumplir con los objetivos planteados. Al finalizar el tratamiento, se retiraron los mini implantes y se enjuagaron con agua destilada y alcohol para eliminar residuos de fluidos bucales. Posteriormente se almacenaron en frascos estériles y se identificaron con el número del paciente y las referencias (I) y (D) para indicar la ubicación del mini implante. Por ejemplo, 1-I corresponde al paciente 1, mini implante insertado en el lado izquierdo de la arcada.

### Análisis metalúrgico

Los cambios superficiales y microestructurales de los mini tornillos se analizaron mediante *microscopía electrónica de barrido* (MEB), para lo cual, se montaron en baquelita conductiva a lo largo de su sección longitudinal para facilitar su manipulación. Posteriormente, las muestras fueron desbastadas empleando diferentes grados de papel abrasivo de carburo de silicio (240-800), seguido de un pulido fino con sílica coloidal para obtener una superficie con acabado espejo. La microestructura de cada mini implante se reveló mediante la inmersión de las muestras en un reactivo químico conocido en la literatura como "Remington A", que consiste en una mezcla de ácido nítrico, ácido fluorhídrico y glicerina. Para obtener la composición química en cada mini implante se utilizó la técnica *espectroscopía de energía dispersiva* (EDS). Adicionalmente, se realizó la medición del peso empleando una balanza analítica y se comparó con un mini implante en su condición al recibirlo (CR).

## Resultados y discusión

### Caso clínico

Durante el tratamiento, el paciente 1 presentó problemas de movilidad excesiva en la semana 3 con el mini tornillo izquierdo, por lo que fue necesario extraerlo y sustituirlo. Esto puede atribuirse a una estabilidad primaria inadecuada, trauma quirúrgico excesivo o a condiciones desfavorables de curación que causan irritación en los tejidos adyacentes al mini implante (Lee, 2007). Otro caso de movilidad parcial se presentó en el paciente 2 en la semana 13, por lo que sólo fue necesario ajustar el torque para recobrar la sujeción en el hueso.

Después de 16 semanas de tratamiento se alcanzó la nivelación del plano oclusal en los tres pacientes (figura 4) sin tener reporte de molestias y demostrando que el

uso de mini tornillos como anclajes temporales ayuda a reducir aproximadamente 60% del tiempo de trata-

miento en comparación a los procedimientos convencionales.



Figura 4. Corrección del plano oclusal en el paciente 2 después de 16 semanas de tratamiento

### Análisis superficial

El análisis superficial del mini implante en su condición de recibido muestra la morfología de la cabeza, área de encía, rosca y punta activa, en donde se aprecia el acabado superficial libre de poros o fisuras que pudiesen comprometer su integridad (figura 5), contrario a los mini implantes utilizados, los cuales mostraron cambios como la pérdida de brillo y acabado superficial. La carga de tensión a la que estuvieron sometidos los mini implantes fue de 0.73 N (75grf), por lo que no se produjo deformación plástica debido a que el esfuerzo generado en la sección transversal de la rosca (diámetro

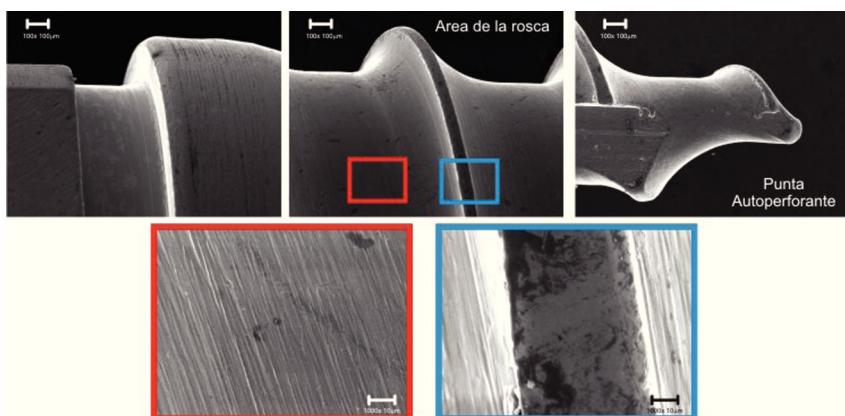


Figura 5. Detalle del mini implante en su condición de recibido

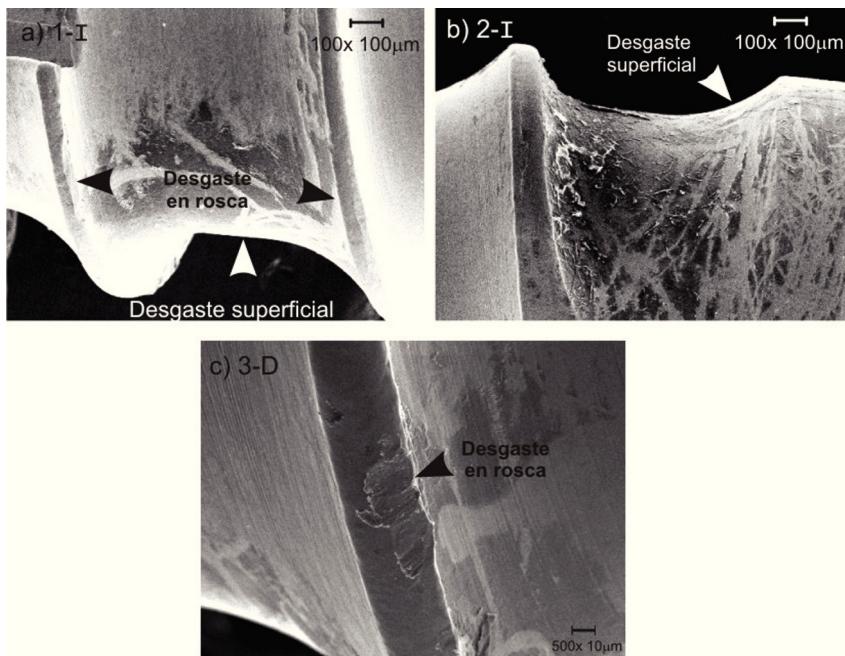


Figura 6. Desgaste superficial y en la rosca de los mini implantes utilizados

menor) es  $650 \times 10^3$  Pa, menor al límite elástico de la aleación Ti-6Al-4V que es  $880 \times 10^6$  Pa.

Sin embargo, se observó un desgaste en la zona de la rosca causado durante la inserción (figura 6), zona en donde se experimenta un esfuerzo cortante a medida que el mini implante penetra el hueso maxilar hasta quedar totalmente fijo. El desgaste presente en cada mini implante, indica que no pueden volver a utilizarse.

La figura 7 ilustra a detalle la superficie de los mini implantes 3-D, 2-I y 2-D, mostrando la formación de integumento en la zona de la rosca (7a, 7c) y la presencia de partículas de hueso en la zona de la punta activa (7b, 7d). Los microanálisis realizados en el *integumento* mostraron la presencia de hierro y calcio, posiblemente por el contacto con fluidos biológicos como sangre. Por otra parte, el microanálisis realizado en la *partícula de hueso*,

mostró la presencia de calcio y cloro (figura 8), implicando que realmente se trata de una partícula de hueso adherida a la rosca del mini implante posiblemente como resultado del inicio de una osteointegración selectiva. A pesar de que la técnica EDS permite obtener una composición química aproximada, se debe tomar en cuenta que el integumento y la osteointegración selectiva se forman en función del tiempo, lo que excluye la probabilidad de que se hayan adherido a los mini implantes durante la remoción. Debido a que la superficie de los mini implantes utilizados era completamente pulida, no se esperaba encontrar el indicio de una osteointegración selectiva o integumento, ya que esto dificultaría la remoción de los mini implantes, ocasionando molestias al paciente y convirtiéndose en un sistema de anclaje no temporal.

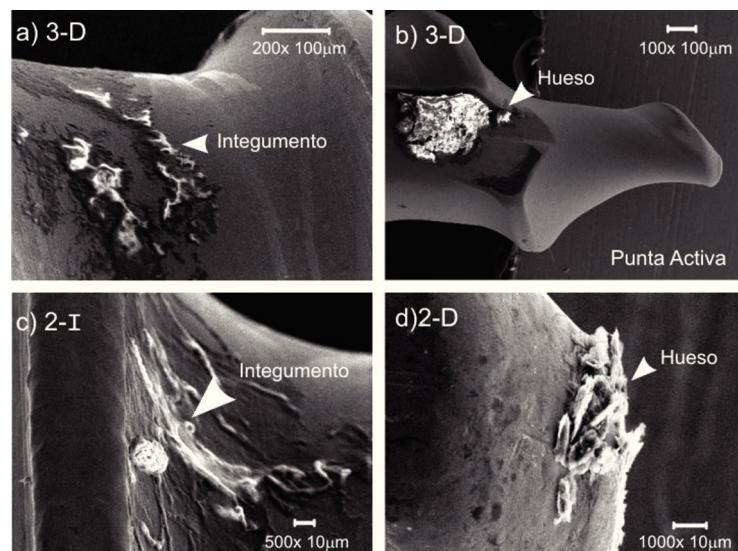


Figura 7. Mini implantes con la presencia de integumento en la zona de la rosca (7a, 7c) y partículas de hueso en la zona de la punta activa (7b, 7d).

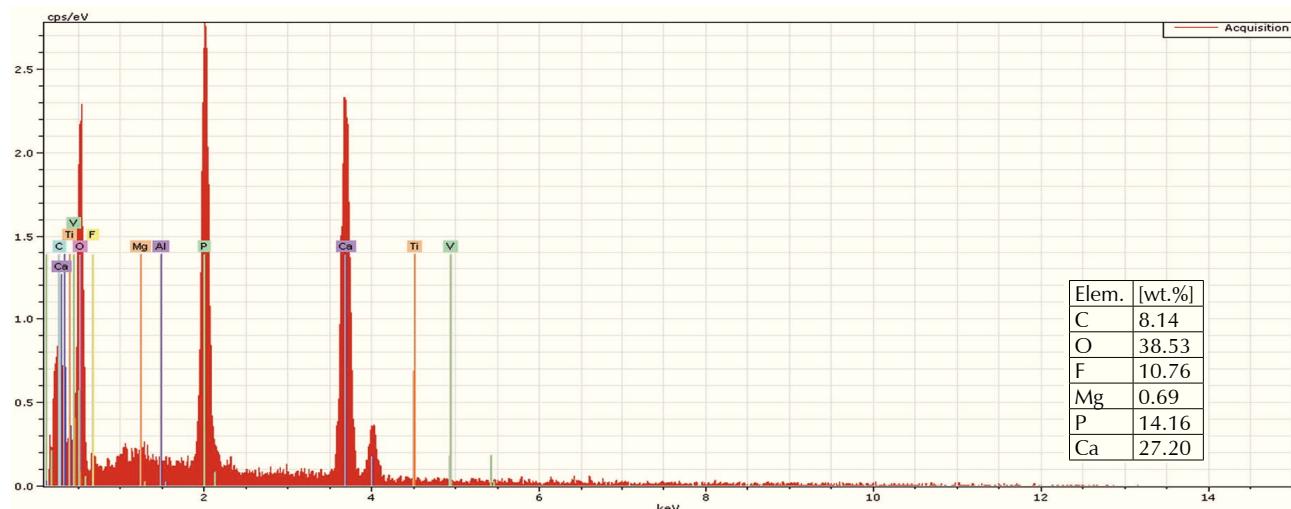


Figura 8. Espectro y análisis cuantitativos realizados en la partícula de hueso

## Análisis microestructural

La microestructura de los mini implantes en su condición de recibido consta de una matriz alfa con precipitados de fase beta dispersados aleatoriamente (figura 9) al igual que los mini implantes utilizados, correspondiente a una aleación alfa-beta (ASM International, *Properties and Selection: Nonferrous alloys and special-purpose materials*, 2005). El análisis químico mediante EDS demostró que no existe variación en las diferentes secciones de los

mini implantes. La figura 10 presenta el espectro y el análisis cuantitativo de Ti, Al, V.

El peso de los mini implantes utilizados resultó ser mayor comparado al mini implante en su condición de recibido (tabla 1). Esto se atribuye a la presencia de *integumento y hueso* presentes a la rosca de los mini implantes que se caracterizaron antes, además de los residuos orgánicos adheridos a la cabeza de los mini implantes, lo que se puede atribuir a la falta de higiene del paciente (figura 11).

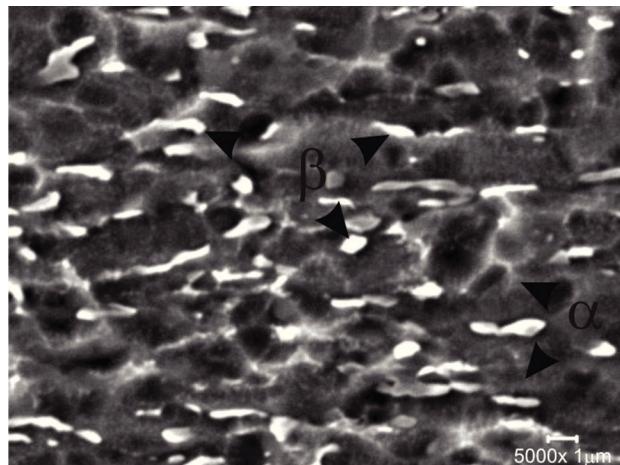


Figura 9. Microestructura del mini implante en su condición de recibido y utilizados, con matriz alfa y precipitados beta

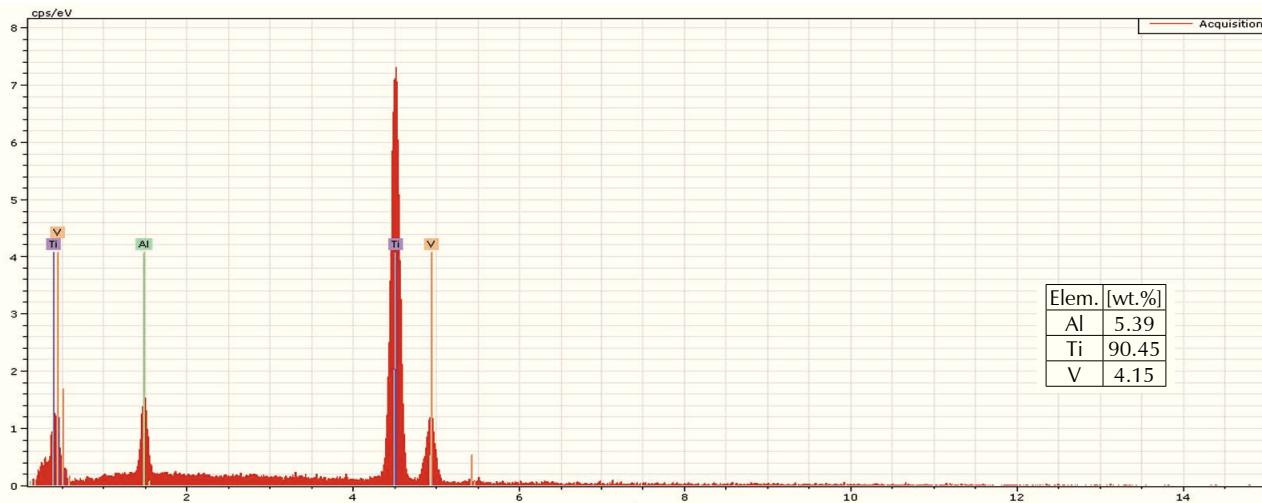


Figura 10. Composición química representativa de los mini implantes utilizados y en su condición de recibido

Mini implante	Peso 1 (gr)	Peso 2 (gr)	Peso 3 (gr)	Promedio (gr)
C.R.	0.0975	0.0974	0.0973	0.09735
1-D	0.0974	0.0974	0.0974	0.09740
1-I	0.0978	0.0977	0.0978	0.09777
2-D	0.0986	0.0986	0.0985	0.09857
2-I	0.0986	0.0984	0.0984	0.09847
3-D	0.0976	0.0976	0.0976	0.09760
3-I	0.0983	0.0983	0.0983	0.09830

Tabla 1. Peso de los mini implantes en su condición de recibido e implantados

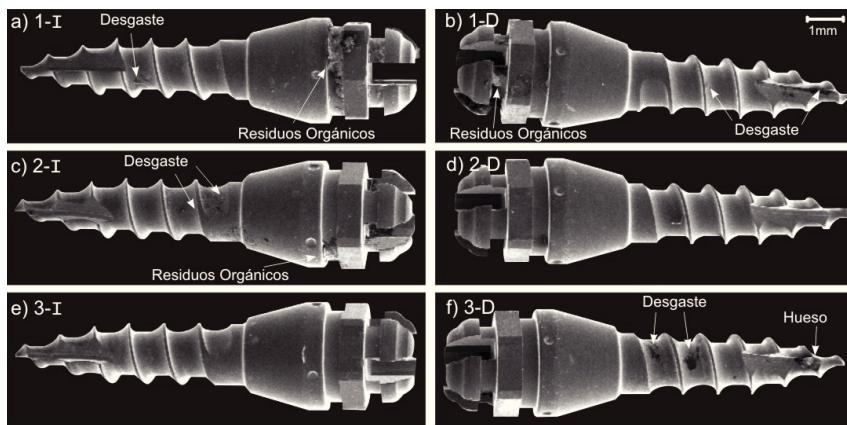


Figura 11. Análisis superficial de los mini implantes empleados en pacientes en un periodo de 4 meses

## Conclusiones

Se demostró que el sistema de anclaje temporal mediante el uso de mini implantes reduce 60% el tiempo de tratamiento ortodóncico en comparación a los sistemas de anclaje tradicionales.

La punta autorroscable no presentó desgaste significativo ni la presencia de poros o defectos que pudieran comprometer su integridad.

Se observó la presencia de integumento y una posible osteointegración selectiva en dos de los mini implantes utilizados.

No se observó cambio alguno microestructural en los mini implantes, indicando que la carga aplicada durante el tratamiento, no fue suficiente para promover deformación plástica.

## Referencias

- Angle-E.H. *Malocclusion of the Teeth and Fractures of the Maxillae*, White Dental, 1900.
- Block M.S. y Hoffman D.R. A New Device for Absolute Anchorage for Orthodontics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, volumen 107, 1995: 251-258.
- Creekmore T.D. y Eklund M.K. The Possibility of Skeletal Anchorage. *Journal of Clinical Orthodontics*, volumen 17 (número 4), 1983: 266-269.
- Favero-L.G., Pisoni-A., Paganelli-C. Removal Torque of Osseointegrated Mini-Implants: an in Vivo Evaluation. *European Journal of Orthodontics*, volumen 29, 2007: 443-448.
- Gainsforth B. y Higley L. A Study of Orthodontic Anchorage Possibilities in Basal Bone. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*, volumen 31 (número 8), 1945: 406-417.
- International, Properties and Selection ASM. *Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*. ASM Handbook, volumen 2, 10a ed., ASM International, 2005.
- Jenner J.D. y Fitzpatrick B.N. Skeletal Anchorage Utilizing Bone Plates. *Australian Orthodontic Journal*, volumen 9, 1985: 231-233.
- Kanomi-R. Mini Implant for Orthodontic Anchorage. *Journal of Clinical Orthodontics*, 1997: 763-767.
- Ludwig-B., Baumgaertel-S., Bowman-S.J. *Mini-Implants in Orthodontics: Innovative Anchorage Concepts*, 1a ed., Londres, Quintessence Publishing Co, Ltd., 2008, pp. 1-64.
- Lee-J.S., Kim-J.K., Park-Y.C., Vanarsdall-R.L. *Applications of Orthodontic Mini Implants*, 1a ed., Canadá, Quintessence Publishing Co, Inc., 2007, pp. 1-50.
- Odman J. et al. Osseointegrated Titanium Implants – A New Approach in Orthodontic Treatment. *European Journal of Orthodontics*, volumen 10 (número 2), 1988: 98-105.
- Roberts W.E., Marshall K.J., Mozsary P.G. Rigid Endosseous Implant Utilized as Anchorage to Protract Molars and Close an Atrophic Extraction Site. *Angle Orthodontist*, volumen 60, 1990: 135-152.
- Triaca A., Antonini M., Wintermantel E. A New Titanium Flat Screw Implant for Orthodontic Anchorage in the Anterior Palate. *Information of Orthodontic Orthodontics*, volumen 24, 1992: 251-257.
- Turley P.K., et al. Orthodontic Force Application to Titanium Endosseous Implants. *The Angle Orthodontist*, volumen 58 (número 4), 1988: 151-162.
- Umemori M., Sugawara J., Mitani H., Nagasaka H., Kawamura H. Skeletal Anchorage System for Open-Bite Correction. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, volumen 115, 1999: 166-174.
- Wehrbein H., Glatzmaier J., Mundwiler U., Diedrich P. The Orthosystem a New Implant System for Orthodontic Anchorage in the Palate. *Journal of Orofacial Orthopedics*, volumen 57, 1996: 142-153.

**Este artículo se cita:**

**Citación estilo Chicago**

Mendoza-Bravo, Ivan, José Antonio Arias-González, Doris Ivette Villalobos-Vera, Hector Ruiz-Reyes. Comportamiento metalúrgico de mini implantes de Ti-6Al-4V como anclaje temporal en aplicaciones de ortodoncia. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, XV, 01 (2014): 21-28.

**Citación estilo ISO 690**

Mendoza-Bravo I., Arias-González J.A., Villalobos-Vera D.I., Ruiz-Reyes H. Comportamiento metalúrgico de mini implantes de Ti-6Al-4V como anclaje temporal en aplicaciones de ortodoncia. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, volumen XV (número 1), enero-marzo 2014: 21-28.

**Semblanza de los autores**

*Ivan Mendoza-Bravo.* Graduado como ingeniero mecánico por el Instituto Tecnológico de Veracruz en 2003. Obtuvo los grados de maestría y doctorado en metalurgia y ciencias de los materiales en el Instituto de Investigaciones Metalúrgicas de la UMSNH en el año 2006 y 2011, respectivamente. Ha colaborado en diferentes proyectos en conjunto con el Instituto Mexicano del Petróleo y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Actualmente realiza una estancia posdoctoral en la “The Ohio State University”.

*José Antonio Arias-González.* Cirujano dentista egresado de La Universiada Autónoma de Guadalajara y de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Obtuvo la especialidad en ortodoncia en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Actualmente asiste al curso continuado de ortodoncia Filofía FACE Roth Williams y ejerce la ortodoncia en práctica privada.

*Doris Ivette Villalobos-Vera.* Ingeniero industrial egresada del Instituto Tecnológico de Minatitlán. Obtuvo los grados de maestría y doctorado en metalurgia y ciencias de los materiales en el Instituto de Investigaciones Metalúrgicas de la UMSNH en el año 2006 y 2011, respectivamente. Ha colaborado en diferentes proyectos en conjunto con el Instituto Mexicano del Petróleo y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Actualmente realiza una estancia posdoctoral en la “The Ohio State University”.

*Hector Ruiz-Reyes.* Profesor investigador del Centro Universitario de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.