



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

Facultad de  
**ESTOMATOLOGÍA**

CORROSIÓN DE ARCOS ORTODÓNTICOS DE ACERO Y NÍQUEL-  
TITANIO SOMETIDOS A SALIVA ARTIFICIAL IN VITRO

CORROSION OF STEEL AND NICKEL-TITANIUM ORTHODONTIC  
ARCHES SUBJECTED TO ARTIFICIAL SALIVA IN VITRO

TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA  
EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR

AUTORA

KATIA EMPERATRIZ CUEVAS TENORIO

ASESOR

ROBERTO ANTONIO LEON MANCO

LIMA – PERÚ

2025



**ASESOR DE TRABAJO ACADÉMICO**

Mg. Esp. Roberto Antonio Leon Manco

Departamento Académico de Odontología Social

ORCID: 0000-0001-9641-1047

Fecha de aprobación: 09 de mayo de 2025

Calificación: Aprobado

## **DEDICATORIA**

A Dios, mis padres, a mi esposo e hijas por su constante apoyo e inspiración durante cada etapa de mi carrera.

## **AGRADECIMIENTOS**

A cada persona involucrada en el desarrollo de este proyecto.

A los docentes de la especialidad en Ortodoncia y Ortopedia Maxilofacial de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, por el conocimiento adquirido durante mi formación en la especialidad. A mi asesor, Dr. Roberto Leon Manco por su apoyo constante, disponibilidad y orientación para la elaboración de este estudio de investigación.

## **DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS**

La autora declara no tener ningún conflicto de interés.

# RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD



UNIVERSIDAD PERUANA  
CAYETANO HEREDIA

Facultad de  
ESTOMATOLOGÍA

CORROSIÓN DE ARCOS ORTODÓNTICOS DE ACERO Y NÍQUEL-  
TITANIO SOMETIDOS A SALIVA ARTIFICIAL IN VITRO

CORROSION OF STEEL AND NICKEL-TITANIUM ORTHODONTIC  
ARCHES SUBJECTED TO ARTIFICIAL SALIVA IN VITRO

TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA  
EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR

AUTORA

KATIA EMPERATRIZ CUEVAS TENORIO

ASESOR

ROBERTO ANTONIO LEON MANCO

LIMA - PERÚ

2025



17% Similitud estándar

Filtros

## Fuentes

Mostrar las fuentes solapadas



1

Internet



www.ortodoncia.ws

7%

6 bloques de  
texto

145 palabra que  
coinciden



2

Internet



repositorio.upch.edu.pe

1%

3 bloques de  
texto

30 palabra que  
coinciden



3

Internet



hdl.handle.net

1%

## TABLA DE CONTENIDOS

	<b>Pág.</b>
Resumen	
Abstract	
I. Introducción	1
II. Objetivos	3
III. Materiales y métodos	4
IV. Resultados esperados	9
V. Conclusiones	10
VI. Referencias bibliográficas	11
VII. Presupuesto y cronograma	13
Anexos	

## RESUMEN

**Introducción:** Durante el tratamiento ortodóntico se emplean diferentes materiales, como los arcos, que son los dispositivos encargados de emitir fuerzas para lograr los movimientos dentarios. Estos se mantienen en la boca del paciente por intervalos prolongados desde el inicio al final del tratamiento, estando sometidos, durante estos tiempos, a una serie de agentes físicos y químicos, lo que podría contribuir a la corrosión de los componentes metálicos de los arcos, es por ello que se puede considerar normal que se presenten reacciones bioquímicas en boca, en las cuales, los aparatos se corroen. Varios de los metales que se pueden liberar están asociados a reacciones alérgicas, mutagénicas, citotóxicas y carcinogénicas.

**Objetivo:** analizar la corrosión de las aleaciones de acero (SS) y Níquel-Titanio (NiTi) en arcos ortodónticos sometidos a saliva artificial in vitro. La muestra constará de 64 segmentos de arcos ortodónticos de acero y NiTi de las marcas comerciales American Orthodontics® (AO) y Morelli®, las cuales, serán evaluadas mediante espectrofotometría de absorción atómica después de haber sido sometidas 28 días en saliva artificial en una estufa a 37°C. Para determinar el grado de corrosión se utilizarán 60 segmentos de alambre de 2 centímetros de longitud cada uno, de calibre 0.019x0.025". Divididas en 2 grupos (30 segmentos de alambre) para cada marca estudiada, dentro de los cuales se tomará 15 muestras para cada tipo de aleación. Y como grupo control se tendrá un segmento perteneciente a cada subgrupo (4 segmentos).

**Conclusiones:** Los resultados permitirán al clínico información para una mejor elección de arcos con mayor biocompatibilidad para el paciente y con menor alteración en la superficie para optimizar la biomecánica aplicada por el operador.

**Palabras clave:** corrosión, espectrofotometría, alambres para ortodoncia

## ABSTRACT

**Introduction:** During orthodontic treatment, different materials are used, such as archwires, which are the devices responsible for emitting forces to achieve dental movements. These are kept in the patient's mouth for prolonged periods from the beginning to the end of treatment, being subjected, during these times, to a series of physical and chemical agents, which could contribute to the corrosion of the metallic components of the archwires, which is why it can be considered normal that biochemical reactions occur in the mouth, in which the appliances corrode. Several of the metals that can be released are associated with allergic, mutagenic, cytotoxic and carcinogenic reactions. **Objective:** To analyze the corrosion of steel (SS) and Nickel-Titanium (NiTi) alloys in orthodontic archwires subjected to artificial saliva in vitro. The sample will consist of 64 segments of steel and NiTi orthodontic arches of the commercial brands American Orthodontics® (AO) and Morelli®, which will be evaluated by atomic absorption spectrophotometry after having been subjected to 28 days in artificial saliva in an oven at 37 ° C. To determine the degree of corrosion, 60 wire segments of 2 centimeters in length each, caliber 0.019x0.025 ", will be used. Divided into 2 groups (30 wire segments) for each brand studied, within which 15 samples will be taken for each type of alloy. And as a control group, there will be a segment belonging to each subgroup (4 segments). **Conclusions:** The results will allow the clinician to have information for a better choice of arches with greater biocompatibility for the patient and with less alteration in the surface to optimize the biomechanics applied by the operator.

**Keywords:** corrosion, spectrophotometry, orthodontic wire

## I. INTRODUCCIÓN

El uso de diversas aleaciones en ortodoncia para la fabricación de accesorios como brackets, arcos de alambre, bandas entre otros es una práctica común. Para lograr el movimiento dental, requieren que estos accesorios se sometan durante un tiempo prolongado a tensiones en el ambiente oral, el cual comprende de saliva, alimentos ingeridos, bacterias, temperatura oral, pH y las fuerzas mecánicas masticatorias, lo que provocará reacciones electroquímicas dando como resultado la corrosión de los diversos aditamentos en boca (1,2). La corrosión intraoral de los aparatos metálicos es inevitable, describiéndose nueve tipos de corrosión: galvánica uniforme, por tensión, por grietas, intergranular, por lixiviación selectiva, por picaduras, por erosión y por corrosión inducida microbiológicamente (3,4).

La corrosión de las aleaciones metálicas representa un problema importante durante el tratamiento de ortodoncia, ya que pueden producirse modificaciones estructurales y morfológicas que afectan negativamente la evolución del tratamiento. La corrosión de las superficies metálicas y la presencia de biopelículas promueven la liberación de iones metálicos y el incremento en la rugosidad, lo que aumentaría la fricción entre brackets y arcos, prolongando la duración del tratamiento (5,6,7). Otra consecuencia importante es el aumento de la fricción entre el aparato y la mucosa, que causaría lesiones ulcerativas en la mucosa oral, incrementando el malestar en los pacientes. Además, la corrosión disminuye la resistencia a la fractura de las aleaciones metálicas bajo cargas cíclicas repetidas y podría provocar un fallo prematuro de los arcos, lo que perjudica la función in vivo del biomaterial (3).

Otro aspecto importante de la corrosión deriva de los efectos nocivos biológicos por la liberación de diversos metales. En la literatura se reportan informes de casos que sugieren dermatitis de contacto por dispositivos ortodónticos. Además de asociarse propiedades citotóxicas, mutagénicas y carcinogénicas. Aproximadamente el 10% de la población general tiene una reacción de hipersensibilidad al níquel, siendo las mujeres 10 veces más sensibles al níquel que los hombres (8,9).

Para el clínico debe resultar importante conocer no sólo la parte biomecánica, sino también la parte bioquímica de la interacción de los materiales utilizados en la práctica ortodóntica, es por ello que es importante conocer ¿Cómo es la corrosión de los arcos ortodónticos de acero y níquel- titanio de ortodoncia sometidos a saliva artificial in vitro?

## **II. OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Analizar la corrosión de arcos ortodónticos de acero y níquel- titanio sometidos a saliva artificial in vitro.

### **Objetivos específicos**

1. Analizar la corrosión en arcos metálicos SS 0.019x0.025” de acero American Orthodontics® sometidos a saliva artificial.
2. Analizar la corrosión en arcos metálicos SS 0.019x0.025 de acero Morelli® sometidos a saliva artificial.
3. Analizar la corrosión en arcos metálicos NiTi 0.019x0.025” de acero American Orthodontics® sometidos a saliva artificial.
4. Analizar la corrosión en arcos metálicos NiTi 0.019x0.025 de acero Morelli® sometidos a saliva artificial.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **Tipo de estudio**

Experimental in vitro.

#### **Población**

Los grupos de estudio consistirán en arcos metálicos de aleación de SS, NiTi y NiTi térmico de calibre 0.019x0.025” de las marcas American Orthodontics® (E.E.U.U.), Morelli® (Brasil) de venta libre en Lima en el año 2025.

#### **Muestra**

La muestra será no probabilística, se determinará basada en la misma cantidad de unidades de análisis del estudio previo de Coronel en el 2024 (10). Conformado por 64 segmentos de arcos ortodónticos de 2 centímetros de longitud cada uno, de calibre 0.019x0.025”.

## **Criterios de selección**

## **Criterios de inclusión**

- Arcos ortodónticos sin alteraciones o defectos superficiales.
- Arco ortodónticos de las marcas American Orthodontics® y Morelli®.
- Arcos ortodónticos de acero inoxidable, NiTi y NiTi térmico.
- Arcos ortodónticos de calibre 0.019x0.025”.

## **Criterios de exclusión**

- Arcos con alteraciones o defectos visibles en la superficie.
- Arcos ortodónticos de diferente aleación a acero inoxidable, NiTi y NiTi térmico.
- Arcos ortodónticos de calibre diferente al 0.019x0,025”.

## **Operacionalización de Variables (Anexo1)**

Se consideran las variables: arco ortodóntico, Aleación de arco ortodóntico y Corrosión de arco; explicados en el cuadro de variables.

## **Técnicas y procedimientos**

### Permisos de uso de laboratorio

Se solicitará permiso al director de Investigación en Salud Oral de la Universidad Peruana Cayetano Heredia para el uso de las instalaciones y los equipos, como la incubadora y el espectrofotómetro de absorción atómica.

### Preparación de la muestra

La muestra será distribuida en 3 grupos, 2 grupos de 30 muestras según la marca comercial (American Orthodontics y Morelli) y 1 grupo control. Dentro de cada grupo de marca comercial se crearán 2 subgrupos con 15 muestras según el tipo de aleación (SS y NiTi). El grupo control constará de una muestra de cada subgrupo (4 segmentos).

Se obtendrán segmentos de 2 cm de longitud de cada arco, los segmentos de arco serán limpiados con acetona, posteriormente lavados con agua destilada y secados; se someterán a prueba mediante la colocación de cada muestra en tubos de ensayo de vidrio Pyrex con tapa rosca de 20 mL de capacidad, que contendrán 15 ml de saliva artificial estimulada y almacenadas a 37°C en condiciones estáticas durante 28 días en la estufa del Laboratorio de Investigación en Salud Oral. El medio de saliva artificial estimulada consistirá en: Cloruro de sodio - 0,4 g, cloruro de potasio - 1,21 g, hipofosfato de sodio - 0,78 g, sulfuro de sodio - 0,005 g, urea - 1g, agua destilada y agua desionizada - 1000 ml; que consiste en una modificación de saliva artificial elaborada por Gjerdet y Hero. El pH de la saliva artificial estará a  $6,75 \pm 0,15$  mediante la adición en incrementos de hidróxido de sodio 10 N y se medirá mediante el uso de papeles indicadores de pH.

### Procedimiento experimental

Las muestras serán preparadas para ser analizadas por medio de espectrofotometría de absorción atómica en el Laboratorio de Investigación en Salud Oral con la ayuda de un experto.

El espectrómetro de absorción atómica medirá las cantidades de los elementos químicos presentes en las muestras mediante la medición de la radiación absorbida. Esto se realizará mediante la lectura de los espectros que se produzcan cuando la muestra sea excitada por la radiación, se realizará una lectura por elemento liberado.

### Procesamiento de información

Todos los valores obtenidos por la espectrofotometría de cada segmento de arco, serán registrados en una ficha, y posteriormente pasadas a una base de datos en el programa Microsoft Excel (Versión 2208).

### **Plan de análisis**

Se promediarán los resultados de cada grupo de alambres y se determinará la desviación estándar. Los promedios del análisis de las mediciones se compararán mediante el análisis bivariado ANOVA, con un nivel de confianza de 95% y  $p < 0.05$  de los estudios. Todos los resultados se analizarán estadísticamente en el programa estadístico STATA v. 18.0 en un ordenador Intel CORE i7 de decimo primera generación.

## **Consideraciones éticas**

El presente proyecto de investigación, al ser un estudio in vitro, solicitará la aprobación a la de Dirección Universitaria de Asuntos Regulatorios de la Investigación (DUARI).

El presente trabajo de investigación realizará experimentación en materiales ortodónticos inertes, no incluirá en su muestra pacientes, componentes biológicos orgánicos, ni ningún procedimiento clínico, por tal motivo no está sujeto a la evaluación del Comité Institucional de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia y se solicitará la exoneración de tal permiso.

#### **IV. RESULTADOS ESPERADOS**

Desde una perspectiva teórica, esta investigación va a contribuir enriqueciendo el conocimiento acerca de la corrosión en los arcos ortodónticos, ya que ésta además de dañar la superficie y las propiedades mecánicas del material, produce productos de degradación que son generalmente iones metálicos, lo que podría alterar la biocompatibilidad del material.

Desde la perspectiva Clínica, el estudio brindará la información necesaria para poder hacer elecciones de arcos con mayor resistencia a la corrosión, lo que permitirá una mejor relación arco/bracket al reducir la fricción, mejorando las respuestas biomecánicas. Así mismo, el conocer cómo es la liberación de metales producto de la corrosión de los alambres de ortodoncia ayudará en una elección de arcos más resistentes, reduciendo de esta manera las reacciones adversas en los pacientes como son los procesos de irritación, inflamación y toxicidad.

## **V. CONCLUSIONES**

Del presente trabajo académico se podrá concluir que la corrosión de los arcos ortodónticos en un medio artificial puede ampliar el conocimiento de los metales liberados durante su uso, lo que brindará al clínico información para una mejor elección respecto a marcas y de esta manera mejorar la biomecánica durante el tratamiento y la biocompatibilidad para el paciente.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Angelieri F, Marcondes JP, de Almeida DC, Salvadori DM, Ribeiro DA. Genotoxicity of corrosion eluates obtained from orthodontic brackets in vitro. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139:504-9. doi:10.1016/j.ajodo.2009.03.058.
2. Von Fraunhofer JA. Corrosion of orthodontic devices. *Semin Orthod* 1997;3:198-205. doi:10.1016/s1073-8746(97)80070-9.
3. Fróis A, Santos AC, Louro CS. Corrosion of Fixed Orthodontic Appliances: Causes, Concerns, and Mitigation Strategies. *Metals*. 2023; 13(12):1955. <https://doi.org/10.3390/met13121955>.
4. Espinoza-Montero PJ, Montero-Jiménez M, Fernández L, Paz JL, Piñeiros JL, Ceballos SM. In vitro wearing away of orthodontic brackets and wires in different conditions: A review. *Heliyon*. 2022;8(9):e10560. doi:10.1016/j.heliyon.2022.e10560.
5. Ique MMA, Ferreira MF, Botazzo Delbem AC, de Mendonça MR. Corrosion-induced changes in surface properties and roughness of orthodontic wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2024;165(5):565-575. doi:10.1016/j.ajodo.2023.11.014.
6. Maia LH, Lopes Filho H, Ruellas AC, Araújo MT, Vaitsman DS doi:10.1590/2176-9451.19.2.108-114.oar; *Dental Press J Orthod*. 2014 Mar-Apr;19(2):108-14.

7. Mikulewicz M, Suski P, Tokarczuk O, Warzyńska-Maciejewska M, Pohl P, Tokarczuk B. Metal Ion Release from Orthodontic Archwires: A Comparative Study of Biocompatibility and Corrosion Resistance. *Molecules*. 2024; 29(23):5685. <https://doi.org/10.3390/molecules29235685>.
8. Bishara SE, Barrett RD, Selim MI.. Biodegradation of orthodontic appliances. Part II. Changes in the blood level of nickel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1993 Feb;103(2):115-9. doi:10.1016/S0889-5406(05)81760-3.
9. Pillai AR, Gangadharan A, Gangadharan J, Kumar NV. Cytotoxic effects of the nickel release from the stainless steel brackets: An in vitro study doi:10.4103/0975-7406.113279; *J Pharm Bioallied Sci*. 2013;5(Suppl 1):S1-S4.
10. Coronel Romero CD, Acevedo Mendoza EA, Cabezas Bernhardt EA, Villavicencio Caparo E, Valarezo Garcés A, Valdez Orellana GM. Grado de corrosión en la superficie de distintas aleaciones de arcos ortodónticos. (acero inoxidable, níquel-titanio y níquel-titanio termo activado). *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría*. 2024. <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2024/art-48/>.

## VII. PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA

### Presupuesto

Descripción	P. Unitario S/.	Cantidad	Total S/.
Arcos de acero AO	10.00	16	160.00
Arcos de acero Morelli	2.50	16	40.00
Arcos de NiTi AO	15.00	16	240.00
Arcos de NiTi Morelli	3.50	16	56.00
Saliva artificial	50.00	2	100.00
Papel de lectura de PH	1.00	100	100.00
Gradillas	4.00	15	60.00
Tubos de ensayo	1.50	70	105.00
Lecturas de la muestra	30.00	256	7680.00
Transporte	100.00	1	100.00
Laptop	3000.00	1	3000.00
Papelería	15.00	1	15.00
Total			11656.00

## Cronograma

Actividad	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
Diseño de la investigación	X					
Búsqueda bibliográfica	X	X	X	X	X	X
Proyecto de investigación	X	X	X	X		
Registro del proyecto	X					
Revisión UICT - FE	X					
Revisión CIE		X				
Aprobación		X				
Ejecución		X	X			
Procesamiento de resultados				X		
Informe Final				X		
Sustentación					X	
Publicación						X

## ANEXOS

### Anexo 1. Cuadro de operacionalización de variables

<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Tipo</b>	<b>Escala y categoría</b>	<b>Valores</b>
Arco de ortodoncia	Empresa que fabricó el arco de ortodoncia.	Indicada por el fabricante	Cualitativo	Nominal Dicotómica	1: Morelli® 2: American Orthodontics®
Aleación de arco de ortodoncia	Tipo de aleación en la composición del arco de ortodoncia.	Indicada por el fabricante.	Cualitativo	Nominal Dicotómica	SS NiTi
Corrosión de arco	Liberación de iones metálicos.	Cantidad de iones metálicos liberados durante la espectofotometría de absorción atómica.	Cuantitativo	Continua de Razón	Valores mayores a 0