



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**EFFECTO DEL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO AL 35, 37 Y
40% CON Y SIN ACTIVACIÓN SOBRE LA
MICRODUREZA SUPERFICIAL DEL ESMALTE BOVINO**

PRESENTADA POR

MICHELL ALEXANDRA TORREJON ESPINOZA

VIVIANA NOELIA TORRES LEÓN

ASESOR

RAFAEL MORALES VADILLO

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE CIRUJANA DENTISTA

**LIMA – PERÚ
2023**



CC BY-NC-ND

Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

Facultad de
Odontología

TESIS TITULADA:

**EFFECTO DEL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO AL 35, 37 Y 40% CON Y
SIN ACTIVACIÓN SOBRE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DEL
ESMALTE BOVINO**

PARA OPTAR EL TÍTULO DE CIRUJANO DENTISTA

PRESENTADO POR:

BACH. MICHELL ALEXANDRA TORREJON ESPINOZA

BACH. VIVIANA NOELIA TORRES LEÓN

ASESOR:

DR. ESP. RAFAEL MORALES VADILLO

LIMA – PERÚ

2023



DEDICATORIA:

A nuestros padres que nos enseñaron a luchar por nuestros sueños y nunca rendirnos. Por siempre apoyarnos a lo largo de la carrera.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios por llevarnos siempre por el buen camino. A nuestro asesor Dr. Rafael Morales Vadillo que con su experiencia, conocimiento y paciencia nos guió en nuestra tesis. Al Dr. German Chávez Zelada que nos brindó su asesoría para la elaboración del proyecto de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCIÓN	01
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	06
1.1 Antecedentes de la investigación	06
1.2 Bases Teóricas	08
1.2.1 Clareamiento dental con peróxido de hidrógeno	
1.2.2 Lámparas de diodo como activadores en el clareamiento dental	
1.2.3 Microdureza del esmalte	
1.2.4 Efectos de las lámparas de diodo sobre la microdureza del esmalte durante el clareamiento dental	
1.3 Definición de términos básicos	14
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	15
2.1 Formulación de hipótesis	15
2.1.1 Hipótesis general	
2.1.2 Hipótesis específica	
2.2 Variables y definición ocupacional	15
2.2.1 Variables y definiciones	
2.2.2 Operacionalización de variables	
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	18
3.1 Diseño Metodológico	18
3.2 Diseño Muestral	19
3.3 Técnicas de Recolección de Datos	20
3.4 Técnicas Estadísticas para el Procesamiento de la Información	22
3.5 Aspectos Éticos	22
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	23

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	31
CONCLUSIONES	35
RECOMENDACIONES	36
FUENTES DE INFORMACIÓN	37
ANEXOS	42

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.- Análisis descriptivo de la microdureza superficial del esmalte bovino antes de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.	23
Tabla 2.- Análisis descriptivo de la microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.	24
Tabla 3.- Pruebas de normalidad para comparar la microdureza superficial del esmalte bovino antes y después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.	26
Tabla 4.- Comparación de la microdureza superficial del esmalte bovino antes y después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.	27
Tabla 5.- Análisis descriptivo de la diferencia en la microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.	28
Tabla 6.- Pruebas de normalidad para comparar las diferencias en la microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.	29
Tabla 7.- Comparación de las diferencias en la microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.	30

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1.- Análisis descriptivo de la microdureza superficial del esmalte bovino antes de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.	24
Gráfico 2.- Análisis descriptivo de la microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.	25
Gráfico 3.- Comparación de la microdureza superficial del esmalte bovino antes y después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.	27
Gráfico 4.- Análisis descriptivo de la diferencia en la microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.	28

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

BIREME	Centro Latinoamericano y del Caribe de Información en Ciencias de la Salud
CO₂	Dióxido de carbono
Ca/P	Calcio fosfato
C/F	Con fotoactivación
DeCS	Descriptores de Ciencias de la Salud
D	Medida de diagonales
FC	Fosfato calcio
F	Fuerza aplicada
Gpa	Promedio de calificaciones
HO₂	Dióxido de Hidrógeno
Hv	Valor de dureza de Vickers
ISI WEB	Red instituto científico de información
Kcal/mol	Kilocaloría por mol
Kg/mm²	Kilogramo por milímetro cuadrado
KTP	Titanato de fosfato de potasio
LED	Luz emisora de diodo
Mpa	Megapascal
Nd. YAG	Neodimio: itrio aluminio granate
PH	Peróxido de Hidrógeno
pH	medida que indica
PC	Peróxido de carbamida
PubMed	Portal National Library of Medicine
q	Ángulos que conforman las caras opuestas en el vértice
SA	Saliva artificial
S/F	Sin fotoactivación

RESUMEN

OBJETIVO: Comparar el efecto del PH (peróxido de hidrógeno) al 35%, 37% y 40%, con y sin fotoactivación, sobre la microdureza superficial del esmalte bovino.

MATERIAL Y MÉTODO: Estudio experimental, analítico, longitudinal, prospectivo. Se emplearon 180 muestras de esmalte bovino, divididas en 6 grupos según la técnica asignada: Grupo A: PH al 35% con fotoactivación; Grupo B: PH al 37% con fotoactivación; Grupo C: PH al 40% con fotoactivación; Grupo D: PH al 35% sin fotoactivación; Grupo E: PH al 37% sin fotoactivación; Grupo F: PH al 40% sin fotoactivación. Se procedió a aplicar el agente clareador sobre las muestras, según las indicaciones del fabricante. La fotoactivación se realizó con lámparas LED (diodo emisor de luz). La microdureza superficial del esmalte se evaluó con el análisis de Vickers, antes y después de aplicarse el agente. La asociación entre variables se evaluó mediante las pruebas de rango con signo de Wilcoxon y Kruskal-Wallis.

RESULTADOS: Todos los grupos presentaron una disminución de la microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación de cada agente clareador, independientemente de su concentración o de la fotoactivación ($P < 0,05$). Al analizar la microdureza superficial después del uso de las tres soluciones solo se observa diferencias significativas en el grupo del PH al 37% sin fotoactivación y en el grupo del PH al 37% con fotoactivación ($P: 0,031$) y en el grupo del PH al 37% sin fotoactivación y en el grupo del PH al 35% sin fotoactivación ($P: 0,011$); en los demás grupos no se observaron diferencias significativas. **CONCLUSIONES:** Todos los agentes clareadores provocaron una disminución de la microdureza superficial del esmalte, independientemente de su concentración o de la fotoactivación. El cambio en la microdureza experimentado por el grupo PH 37% sin fotoactivación fue mayor.

Palabras clave: Peróxido de hidrógeno, dureza, esmalte dental (Fuente: DeCS BIREME)

ABSTRACT

OBJECTIVE: To compare the effect of PH (hydrogen peroxide) at 35%, 37% and 40%, with and without photoactivation, on the surface microhardness of bovine enamel.

MATERIAL AND METHODS: Experimental, analytical, longitudinal, prospective study. 180 samples of bovine enamel were used, divided into 6 groups according to the assigned technique: Group A: PH at 35% with photoactivation; Group B: PH at 37% with photoactivation; Group C: PH at 40% with photoactivation; Group D: PH at 35% without photoactivation; Group E: PH at 37% without photoactivation; Group F: PH at 40% without photoactivation. The bleaching agent was applied to the samples, according to the manufacturer's instructions. Photoactivation was performed with LED lamps. The surface microhardness of the enamel was evaluated by Vickers analysis, before and after applying the agent. The relationship between variables was evaluated using the Wilcoxon signed-rank test and Kruskal-Wallis test.

RESULTS: All groups presented a decrease in the superficial microhardness of bovine enamel after the application of each whitening agent, regardless of its concentration or photoactivation ($P < 0.05$). When analyzing the surface microhardness after the use of the three solutions, significant differences were only observed in the 37% PH group without photoactivation and in the 37% PH group with photoactivation ($P: 0.031$) and in the PH group at 37% without photoactivation and in the PH group 35% without photoactivation ($P: 0.011$); No significant differences were observed in the other groups.

CONCLUSIONS: All bleaching agents caused a decrease in the surface microhardness of the enamel, regardless of their concentration or photoactivation. The change in microhardness experienced by the PH 37% group without photoactivation was greater.

Key words: Hydrogen peroxide, hardness, dental enamel (Source: MeSH NLM).

INTRODUCCIÓN

Los tratamientos estéticos se han convertido en uno de los más requeridos durante las últimas décadas, debido al mayor interés de los pacientes por su apariencia^{1,2}. Aunque el concepto de belleza es subjetivo, forma parte de la naturaleza humana y su influencia se manifiesta en la salud oral, donde tener una dentición blanca y alineada influye en la aceptación social, denotando salud y belleza³.

Ante ello, el clareamiento dental ha surgido como una alternativa de tratamiento que presenta ventajas por ser efectivo, seguro, conservador (preserva la estructura dentaria), de fácil ejecución y con un bajo costo en comparación con los tratamientos restauradores^{1,3,4}.

El clareamiento dental se define como un tratamiento farmacológico, dosis dependiente, no invasivo, tópico, aplicado por el odontólogo o de auto aplicación, y que permite obtener una superficie dental con mayor valor cromático (mayor clareamiento)³. Estos tratamientos pueden realizarse en dientes vitales o con tratamiento endodóntico. Los agentes más empleados para el clareamiento dental en consultorio son el peróxido de carbamida de alta concentración (porcentajes de 22%, 30%, 35%, 45%) y el peróxido de hidrógeno (PH) de alta concentración (porcentajes de 22%, 35% 37,5%, 38% y 40%). El PH se puede obtener como solución líquida o gel, presentación que facilita su manipulación³.

El PH es un agente altamente oxidante, produciendo como radicales libres el hidropéroxido (HO_2) y oxígeno. Para promover la formación de iones HO_2 , el PH necesita actuar en un medio alcalino (pH entre 9,5 y 10,8)^{3,5}. El peso molecular del peróxido de hidrógeno es bajo, lo que facilita su difusión a través de los tejidos³.

Las alteraciones más comunes en la coloración de los dientes se deben a agentes cromóforos, pigmentos orgánicos que presentan cadenas extendidas de enlaces simples o dobles en sistemas conjugados, con anillos fenoles o carboniles⁶. Aunque el mecanismo de acción no está del todo definido, se piensa que el clareamiento constituye una reacción de óxido-reducción (redox). El agente actúa oxidando los compuestos cromóforos presentes en la superficie del esmalte o dentina, descomponiéndolos en estructuras moleculares más simples, incoloras y de fácil remoción^{1-3,5,7}.

Si el agente permanece sobre el esmalte después de haber logrado este efecto (sobret ratamiento), comenzará a degradar las cadenas carbonatadas de las proteínas y otros compuestos para formar CO₂ y agua, ocasionando una oxidación de la matriz del esmalte que reduce su microdureza, tornándolo frágil y poroso³.

El PH debe ser aplicado con aislamiento del campo operatorio, debido a que puede ocasionar daño a los tejidos blandos³. Otra razón para emplear el aislamiento es que en presencia de determinadas enzimas - como la catalasa y peroxidasa - el proceso de ionización se altera y no se producen radicales libres, lo que disminuye o anula el efecto de clareamiento dental. Estas enzimas actúan como una defensa del organismo ante el efecto tóxico del oxígeno libre^{3,5}.

Con la finalidad de acelerar la acción del PH se han desarrollado técnicas que incluyen la aplicación de calor o luz con distintos sistemas de fotoactivación: lámparas halógenas, lámparas de plasma, lámparas láser, lámparas LED y sistemas híbridos (lámparas LED/láser)^{8,9}. Las primeras lámparas que se comercializaron fueron las halógenas, que tenían el inconveniente de generar un elevado calor. Con la difusión de los clareamientos dentales se desarrollaron las lámparas LED, sistema que presentan dos semiconductores que producen una radiación específica al aplicarse un voltaje de menor intensidad^{10,11}.

Todavía no está aclarado si el sistema LED tendría un efecto fotoquímico (interacción química de la fuente de luz con el agente clareador), fototérmico (incremento de temperatura), o una combinación de ambos^{6,12,13}.

Considerando que la descomposición del PH es una reacción exotérmica (23,44 kcal/mol), por ende, la aplicación de la luz genera una mayor temperatura pues aumentaría la tasa de descomposición¹³. Por esta razón los sistemas LED también podrían originar un aumento de la temperatura intrapulpal y sensibilidad posoperatoria^{6,11,14}.

El esmalte se define como un tejido biológico de origen ectodérmico, acelular, con alta mineralización, que cubre la corona anatómica dentaria, protegiendo el órgano dentinopulpar¹⁵. Su color es blanco grisáceo, pero puede verse con una tonalidad amarillenta, ya que es translúcido y la dentina subyacente tiene ese color^{16,17}. Su transparencia depende del grado y homogeneidad en su calcificación (a mayor

translucidez, mayor mineralización)¹⁸. Su espesor varía desde un borde afilado en la región cervical hasta cerca de 2,5 mm en la superficie oclusal¹⁶.

El esmalte presenta un 95-96% de componentes inorgánicos (principalmente hidroxiapatita), y el porcentaje restante está conformado por agua y componentes orgánicos^{15,16,18-20}. El contenido mineral del esmalte está representado principalmente por la hidroxiapatita (fosfato cálcico, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$),^{17,18,21} con una relación calcio/fósforo (Ca/P) de 2,04 a 2,09²¹.

El esmalte es el tejido calcificado de mayor dureza del organismo, cualidad atribuida a su organización cristalina y al elevado contenido de sales minerales²¹. La microdureza superficial se define como la resistencia que ejerce un material a ser rayado, penetrado o a sufrir deformaciones permanentes.¹⁹

El módulo de elasticidad y la dureza del esmalte tienden a aumentar en más del 50% desde la unión amelodentinaria hacia la superficie oclusal. Estas variaciones están relacionadas con su composición química, mineralización y microestructura, específicamente en la orientación de los prismas²¹. Por el contrario, la resistencia a la fractura tiende a aumentar conforme se acerca a la zona amelocementaria, debido principalmente al mayor contenido orgánico de la dentina, lo que le permite disminuir el avance de las grietas¹⁹.

El esmalte humano presenta las siguientes propiedades mecánicas: Módulo de elasticidad entre 70 y 120 GPa; Dureza entre 3 GPa y 6 GPa, dependiendo de la edad y de la zona evaluada; Resistencia a la fractura entre 0,4 y 1,5 MPa $\text{m}^{1/2}$, donde los menores valores se presentan en microgrietas paralelas al eje de los prismas¹⁹.

Una manera de evaluar la dureza es intentar penetrar o rayar un material por medio de un agente penetrador ("indentador"), aplicándole determinada carga. Existen diversos métodos que aplican este principio, diferenciándose solo por el agente penetrador; los métodos más exactos – como el análisis de Vickers, empleado en este estudio -emplean agentes de diamante tallado con distintos diseños. La relación entre la fuerza aplicada y la medida de la penetración permite calcular el valor de la dureza²².

A pesar de sus ventajas, los productos clareadores como el PH pueden alterar la composición o microestructura del esmalte y dentina. Estos efectos incluyen la desmineralización, alteración de la relación Ca/P, degradación de la matriz orgánica y disminución de las proteínas, reducción de la microdureza y resistencia al desgaste, y aumento de la porosidad superficial^{23,24}.

En la actualidad no existe un consenso respecto al efecto de los sistemas fotoactivadores aplicados al clareamiento dental. Algunos estudios han reportado que pueden acentuar este tipo de alteraciones, pero otros no han reportado diferencias significativas en comparación con el clareamiento sin fotoactivación^{12,25,27-28}. Además, existen estudios que han reportado que la fotoactivación aplicada a los clareamientos puede incrementar el riesgo de sensibilidad dental^{29,30}.

El estudio es importante, porque permitirá conocer el efecto de la fotoactivación con lámparas de diodo sobre la microdureza del esmalte durante el clareamiento dental con distintas concentraciones de PH. Además, permitirá que el odontólogo pueda seleccionar la alternativa de tratamiento más efectiva y con menor riesgo para sus pacientes con respecto a preservar la microdureza del esmalte.

Una limitación es que solo se trabajará con lámparas LED, por lo que los resultados no podrán ser generalizados a otras fuentes de activación.

El objetivo general de la investigación es evaluar el efecto del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40% con y sin activación sobre la microdureza superficial del esmalte bovino. Como primer objetivo específico se propuso evaluar la microdureza superficial del esmalte bovino antes de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación. El segundo objetivo específico es evaluar la microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación. El tercer objetivo específico es determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en la microdureza superficial del esmalte bovino antes y después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación. Finalmente, el cuarto objetivo propone comparar las diferencias de microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40% realizados con y sin fotoactivación.

En el primer capítulo se presentan los antecedentes, base teórica y definición de términos básicos del estudio. El segundo capítulo describe las hipótesis de la investigación. El tercer capítulo describe la metodología de la investigación: diseño metodológico, diseño muestral, técnica de recolección de datos, plan de análisis estadísticos que se aplicará, y aspectos éticos. El cuarto capítulo presenta los resultados. El capítulo quinto presenta el análisis y discusión de los resultados. Finalmente se presentan las conclusiones del estudio, y las recomendaciones del autor.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes de la Investigación

FERREIRA ACD, et al. (2021) evaluaron el efecto del sistema LED sobre el esmalte durante el clareamiento con peróxido de hidrógeno. El diseño fue experimental *in vitro*. Para el estudio emplearon 70 muestras de esmalte bovino, las cuales fueron divididas en siete grupos según el procedimiento asignado: G1: saliva artificial; G2: PH al 35%; G3: ácido fosfórico + PH al 35%; G4: PH al 35% + LED azul; G5: PH al 35% + LED verde; G6: PH al 35% + LED violeta; G7: LED Violeta. Encontraron que el G4 presentó el mayor cambio en la microdureza. La mayor diferencia en la microrugosidad se dio entre los grupos G2, G5 y G7. La microscopía óptica evidenció una superficie lisa en los grupos G2, G5 y G7. Concluyen que se observaron cambios en el esmalte con relación a la microdureza, pero no hubo cambios significativos en la rugosidad, donde los grupos tratados con LED verde y violeta evidenciaron una superficie lisa¹².

GOYAL K, et al. (2021) evaluaron los cambios en la microdureza y la rugosidad superficial del esmalte tratado con distintos agentes clareadores. La investigación fue experimental *in vitro*. Emplearon 60 dientes humanos, divididos en dos grupos (Grupo A para el análisis de microdureza del esmalte, y Grupo B para el análisis de su rugosidad superficial). Luego, cada grupo se subdividió en tres subgrupos según el agente clareador: *Dash*. (Grupos A1 y B1), *Pola Office* (Grupos A2 y B2) y *Opalescence Boost* (Grupos A3 y B3), que contenían 30%, 35% y 40% de PH, respectivamente. La microdureza del esmalte lo evaluarón mediante el análisis de Vickers, mientras que la rugosidad superficial lo evaluarón mediante el sistema Surtronic; los valores se tomaron antes y después de la exposición a los clareadores. Se observó que los tres subgrupos presentaron una disminución de la microdureza después de la aplicación del clareador, con el Grupo A1 mostrando el máximo porcentaje de disminución (2,58 %), seguido del Grupo A2 (1,23 %) y el Grupo A3 (0,73 %). Además, observaron un aumento en la rugosidad de la superficie después del clareamiento, con el grupo B1 mostrando el mayor aumento (14,80 %), seguido del grupo B2 (8,25 %) y el grupo B3 (5,79 %). Sin embargo, no hubo diferencias significativas ni en la microdureza

ni en la rugosidad de la superficie al comparar los valores posteriores al clareamiento entre los tres agentes clareadores. Se concluyó que el peróxido de hidrógeno puede afectar negativamente la microdureza y la rugosidad de la superficie del esmalte, independientemente de su concentración³¹.

SURESH S, et al. (2020) evaluaron distintos métodos de clareamiento dental. El diseño fue experimental *in vitro*. Para el estudio emplearon 40 dientes humanos, los cuales fueron divididos según el procedimiento asignado: G1: agua destilada; G2: ácido fosfórico al 37%; G3: PH al 35%; G4: HP al 37,5 % + LED; G5: HP al 45 % + láser de diodo. Los dos grupos de control fueron de cinco muestras, mientras que los 3 grupos experimentales fueron de diez. La superficie del esmalte se analizó con microscopía electrónica de barrido, mientras que el contenido mineral (calcio y fósforo) se evaluó por espectrometría de rayos X de dispersión de energía. Encontraron que los procedimientos de clareamiento no afectaron significativamente los niveles de fósforo. Sin embargo, las técnicas de clareamiento activado con láser y LED aumentaron los niveles de calcio. El clareamiento con agentes químicos provocó alteraciones morfológicas en la superficie del esmalte. Se concluyó que el clareamiento activado con láser es el que menos afecta la superficie del esmalte, a la vez que consume menos tiempo en comparación con los otros sistemas³².

VARGAS T, et al. (2018) evaluaron los tipos de clareamiento dental de acuerdo con la concentración de fosfato del esmalte. El diseño fue experimental *in vitro*. Compararon los siguientes tratamientos: PH al 25% + LED, PH al 35% + LED, y PH al 35% sin fotoactivación. Se encontró que los tres clareamientos incrementaron los niveles de la molécula fosfato v1. El PH de 35%, con ambos tipos de fotoactivación, causó un incremento del nivel de fosfato durante todo el tratamiento. El PH al 25% + LED evidenció un incremento en comparación con la semana control, pero no entre la primera y segunda aplicación. Se concluyó que las tres técnicas de clareamiento incrementaron los niveles de la molécula fosfato v₁, y que este aumento no estuvo relacionado con el tipo de fotoactivación²⁷.

KLARIC E, et al. (2015) compararon el efecto de los distintos sistemas de fotoactivación sobre la dentina y esmalte. El diseño fue experimental in vitro. Para el estudio se emplearon 125 muestras de esmalte humano. Los procedimientos evaluados fueron: PH al 38% y 25% y PC al 30%, 16% y 10%; ambos clareadores se probaron solos y en combinación con ZOOM2, LED, LED orgánico y láser de femtosegundo. Se encontró que los grupos que no recibieron fotoactivación disminuyeron la microdureza del esmalte y dentina en un rango que va desde el 8% para el PC al 16%, hasta 40% para el PH al 25%; el efecto de la fotoactivación no fue significativo. Después de un tratamiento de dos semanas con fosfato de calcio (FC) amorfo y saliva artificial (SA), la desviación máxima de la microdureza inicial fue de solo 3%; este tratamiento también aumentó las concentraciones de calcio, fósforo y flúor. Se concluyó que a mayor concentración y pH ácido del clareador afectan negativamente la microdureza y las concentraciones de calcio y fósforo en esmalte y dentina. El tratamiento con FC amorfo y SA estimularon la remineralización de estos tejidos³³.

1.2 Bases Teóricas

1.2.1 Clareamiento dental con peróxido de hidrógeno (PH)

El clareamiento dental se define como un tratamiento farmacológicamente con dosis dependiente, no invasivo, de auto aplicación tópica, y que permite obtener una superficie dental con mayor valor cromático (mayor clareamiento)³.

Las principales ventajas de estos tratamientos es que son conservadores (preservan la estructura dentaria) y económicos en comparación con los tratamientos restauradores^{1,3}. El clareamiento dental puede realizarse en piezas dentales vivas o endodonciadas; el clareamiento en dientes vitales puede realizarse en el consultorio o mediante autoaplicación. Los agentes empleados en consultorio para el clareamiento son el PC en concentraciones de 22%, 30%, 35%, 45% y el PH en concentraciones de 22%, 35% 37,5%, 38% y 40%). El PH se puede obtener en líquido o gel, presentación que facilita su manipulación³. El PH es considerado altamente oxidante, ya que produce radicales libres el hidroperóxido (HO₂) y

oxígeno. Para promover la formación de iones HO_2 , el PH necesita actuar en un medio alcalino (pH entre 9,5 y 10,8)^{3,8}. El peso molecular del PH es bajo, lo que facilita su difusión a través de los tejidos³. Las alteraciones más comunes en la coloración de los dientes se deben a agentes cromóforos, pigmentos orgánicos que presentan cadenas extendidas de enlaces simples o dobles en sistemas conjugados, con anillos fenoles o carboniles⁸. Aunque el mecanismo de acción no está del todo definido, se piensa que el clareamiento constituye una reacción de óxido-reducción (redox). El compuesto oxidante contacta con los compuestos cromóforos presentes en la superficie del esmalte o dentina, oxidándolos y convirtiéndolos en estructuras moleculares más simples e incoloras^{1,3,8,10}. Si el agente permanece sobre el esmalte después de haber logrado este efecto (sobret ratamiento), comenzará la reducción de los compuestos orgánicos de las proteínas y otros compuestos para formar CO_2 y H_2O , produciendo que se oxide la matriz del esmalte, reduciendo su microdureza, tornándolo frágil y poroso³. El PH debe ser aplicado con aislamiento del campo operatorio, debido a que puede ocasionar daño a los tejidos blandos³. Otra razón para emplear el aislamiento es que en presencia de determinadas enzimas - como la catalasa y peroxidasa - el proceso de ionización se altera y no se producen radicales libres, lo que disminuye o anula el efecto de clareamiento dental. Estas enzimas actúan como una defensa del organismo ante el efecto tóxico del oxígeno libre^{3,8}.

1.2.2 Lámparas de diodo como activadores en el clareamiento dental

El PH como agente clareador puede acelerarse con la aplicación de calor o luz. Para ello existen distintos sistemas de fotoactivación: lámparas halógenas, láser, plasma, diodos, y LED/Láser^{23,9}. Las primeras lámparas que crearon fueron halógenas, que presentaban una distribución energética elevada ejerciendo un alto calor, pero eran eliminados por filtros. Con la introducción de los clareamientos dentales se desarrolló el sistema de lámparas LED, que producen una longitud de onda azul con menor calor y mayor pureza²⁵. Las válvulas (diodos) de estas lámparas emplean dos procesadores que difunde una radiación de longitud de onda específica ante un pequeño voltaje^{12,25}. Todavía no está aclarado si el sistema LED tendría un efecto fotoquímico (interacción química de la fuente de luz con el agente

clareador), fototérmico (incremento de temperatura), o una combinación de ambos^{26,9,27}. Considerando que la descomposición del peróxido de hidrógeno es una reacción exotérmica (23,44 kcal/mol), la aplicación de la luz podría generar una mayor temperatura pues aumentaría la tasa de descomposición²⁷. Sin embargo, estos sistemas también pueden originar un aumento de la temperatura intrapulpar y sensibilidad posoperatoria^{9,25,28}.

1.2.3 Microdureza del esmalte

El esmalte se define como un tejido biológico sin células de origen ectodérmico con alta mineralización, que cubre la corona anatómica dentaria, protegiendo el órgano dentinopulpar²⁹. Su color es blanco grisáceo, pero puede verse con una tonalidad amarillenta, ya que es translúcido y la dentina subyacente tiene ese color^{30,32}. Su transparencia depende del grado y homogeneidad en su calcificación (a mayor translucidez, mayor mineralización)³³. Su espesor varía desde un borde afilado en la región cervical hasta cerca de 2,5 mm en la superficie oclusal³⁰. El esmalte presenta un 95-96% de componentes inorgánicos (principalmente hidroxiapatita), y el porcentaje restante está conformado por agua y componentes orgánicos^{6,29,30,33}. La composición mineral del esmalte está representado principalmente por la hidroxiapatita (fosfato cálcico, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$)^{7, 32,33} con una relación calcio/fósforo (Ca/P) de 2,04 a 2,09⁷. El esmalte es considerado el tejido con más alta calcificación, por ende, mayor dureza en el organismo, cualidad atribuida a su organización cristalina y al elevado contenido de sales minerales⁷. La microdureza superficial se define como la resistencia que ejerce un material a ser rayado, penetrado o a sufrir deformaciones permanentes⁵. El módulo de elasticidad y dureza del esmalte tienden a aumentar en más del 50% desde la unión amelodentinaria hacia la superficie oclusal. Estas variaciones están relacionadas con su composición química, mineralización y microestructura, específicamente en la orientación de los prismas⁷. Por el contrario, la resistencia a la fractura tiende a aumentar conforme se acerca a la zona amelocementaria, debido principalmente al mayor contenido orgánico de la dentina, lo que le permite disminuir el avance de las grietas⁵. El esmalte humano presenta las siguientes propiedades mecánicas: Módulo de elasticidad entre 70 y 120 gigapascales; dureza entre 3 y 6 gigapascales,

dependiendo la zona evaluada y edad; resistencia a la fractura entre 0,4 y 1,5 megapascal $m^{1/2}$, siendo en el valor menor donde se observan hendiduras paralelas en dirección de los prismas⁵.

Una manera de evaluar la dureza es intentar penetrar o rayar un material por medio de un agente penetrador ("indentador"), aplicándole determinada carga. La relación entre el peso que se aplica y la intensidad de la inserción permite establecer el valor de la dureza¹¹. Existen diversos métodos que aplican este principio, diferenciándose solo por el agente penetrador. Los métodos más exactos emplean agentes de diamante tallado con distintos diseños. El análisis de Vickers emplea un diamante que deja una huella de forma cuadrangular al ser aplicado sobre áreas de tamaño reducido¹¹. Para evaluar la microdureza del esmalte pueden emplearse dientes humanos o bovinos. Al respecto, los dientes bovinos pueden sustituir de manera satisfactoria la dentición humana, constituyendo parte de una investigación para analizar sus propiedades químicas, mecánicas y biológicas. Este tipo de dientes permiten evaluar *in vitro* las alteraciones de color, cambios microestructurales, microdureza, módulo de elasticidad, resistencia al cizallamiento y a la tracción del esmalte y dentina, así como para estudiar las propiedades de los materiales adhesivos^{32,38}.

1.2.4 Efecto de las lámparas de diodo sobre la microdureza del esmalte durante el clareamiento dental

Los productos clareadores son agentes químicos que pueden producir alteraciones en el esmalte: reducción en la resistencia del esmalte, resistencia al desgaste, porosidad superficial elevada, matriz orgánica degradada, desmineralización, alteración del Ca/P en su tamaño y disminución en las proteínas¹³. En el caso de los sistemas fotoactivadores aplicados al clareamiento dental, no existe un consenso. algunos estudios han reportado que pueden acentuar este tipo de alteraciones, pero otros no han reportado cambios significativos en comparación con el clareamiento sin fotoactivación. Ferreira ACD, *et al.*¹² evaluaron el efecto de distintas fuentes de luz sobre el esmalte durante el blanqueamiento con PH. El estudio evaluó los siguientes tratamientos: PH al 35% solo, PH al 35% + ácido fosfórico, PH al 35% + fotoactivación (LED azul, verde o violeta), LED violeta sola,

o ningún tratamiento (control). Se encontró que el grupo tratado con LED azul provocó mayores cambios en la resistencia del esmalte que los fotoactivados con LED verde y violeta. No se obtuvo cambios significativos en ningún protocolo sobre la rugosidad del esmalte. Respecto a su morfología, los grupos tratados con LED verde y violeta evidenciaron una superficie lisa, a diferencia de los grupos tratados con LED azul o sin fotoactivador. Asimismo, Shahabi S, *et al.*²⁵ evaluaron el efecto de distintas fuentes de energía sobre el esmalte durante el clareamiento con PH al 40%. Se compararon los siguientes tratamientos: PH al 40% solo, PH al 40% + fuente de energía (LED, láser KTP, láser de diodo, láser Nd:YAG, láser CO₂) o ningún tratamiento (control). Se encontró que todas las técnicas de clareamiento con fotoactivación fueron efectivas. El clareamiento activado por láser KTP fue el más eficiente, seguido por el láser CO₂. Sin embargo, otros estudios no han reportado efectos significativos con la aplicación de estos agentes. Cavalli V, *et al.*²⁶ compararon el efecto sobre la tasa de descomposición, pH y cambio en el color producido por distintas fuentes de luz durante el clareamiento dental. El estudio evaluó los siguientes tratamientos: PH al 10%, 15%, 20% y PH al 6% (tratamiento casero sin fotoactivación), PH al 35% con fotoactivación (LED, láser y halógena), o ningún tratamiento (control). Se encontró que la tasa de descomposición de los agentes caseros fue similar después de 6 y 8 horas, con pH cercano al punto neutro (peróxido de carbamida) o ácido (peróxido de hidrogeno); no hubo diferencias respecto a los agentes clareadores de consultorio. El índice de blancura y el cambio de coloración del esmalte fueron similares entre los grupos, independientemente de la fuente de luz. Vargas T, *et al.*²⁷ evaluaron el efecto de distintos tipos de clareamientos dentales en la concentración de fosfato del esmalte. Se verificaron los siguientes tratamientos: PH al 25% + LED, PH al 35% + LED, y PH al 35% sin fotoactivación. Se encontró que los tres clareamientos generaron el incremento de la molécula fosfato ν_1 , y que este incremento no estuvo relacionado con la fotoactivación del agente. Asimismo, Velásquez y Abanto²⁸ analizaron la acción de las lámparas LED en el esmalte durante el clareamiento con PH. El estudio comparó los siguientes tratamientos: PH al 35% solo y PH al 35% + LED. Se encontró que el blanqueamiento dental con lámpara LED originó alta degradación en la resistencia del esmalte con respecto al grupo tratado sin fotoactivación, aunque esta diferencia no fue significativa.

Otros estudios no solo no han reportado diferencias significativas en el efecto clareador, sino han encontrado que la fotoactivación incrementa el riesgo de sensibilidad dental. Muñoz y Ampuero²⁹ evaluaron la acción de las lámparas LED en el clareamiento dental de pacientes atendidos en consultorio, encontrando que no influyen significativamente en el color obtenido por el tratamiento. Sin embargo, el resultado fue que el uso de estas lámparas originó mayor sensibilidad, en comparación con el grupo al que no se aplicó fotoactivación. Asimismo, Lo Giudice R, *et al.*³⁰ investigaron distintas fuentes de energía en el clareamiento dental de pacientes atendidos en consultorio. Los pacientes fueron agrupados según el agente clareador (PH al 35% o PC al 10%) y sistema de activación (LED o diodo láser). La activación con láser dio un nivel de clareamiento ligeramente mayor respecto al LED, aunque esta diferencia no fue significativa. Los pacientes atendidos con ambos sistemas de fotoactivación reportaron un aumento de la sensibilidad, siendo mayor en los que emplearon el sistema láser. Hay que tener en cuenta que el efecto de desmineralización producido por un clareamiento es leve, y podría ser contrarrestado por acción de la saliva. Al respecto, Klaric E, *et al.*³³ evaluaron distintos sistemas de fotoactivación sobre la resistencia y composición química del esmalte y dentina durante el clareamiento dental. Los agentes evaluados fueron el PH al 38% y 25%, y PC al 30%, 16% y 10%. Estos agentes se aplicaron solos y en combinación con ZOOM2, LED, LED orgánico y láser de femtosegundo. Se encontró que la aplicación de los agentes blanqueadores sin fotoactivación causaron una reducción significativa en la microdureza de estos tejidos, siendo mayor el efecto con el PH que con el PC, y estuvo en relación directa con su concentración. Los sistemas de fotoactivación no influyeron sobre la microdureza de estas estructuras. El FC amorfo y la SA estimularon la remineralización de estos tejidos. Asimismo, Kabbach W, *et al.*³⁵ investigaron la fotoactivación sobre la resistencia del esmalte. Se comparó el efecto del PH al 35% con distintas fuentes de fotoactivación (luz halógena, LED y láser de diodo) y a distintos tiempos de exposición (4,38 y 360 segundos). Se encontró que la resistencia del esmalte disminuyó cuando se usaron fuentes de luz durante el clareamiento, y que la saliva artificial pudo aumentar la microdureza en los grupos que no recibieron fotoactivación. Los agentes clareadores fotoactivados no solo pueden afectar la microestructura del esmalte y dentina, sino también pueden afectar las propiedades de los materiales restauradores. Al respecto, Ozyilmaz OY,

*et al.*³⁶ evaluaron el efecto de distintos sistemas de fotoactivación sobre la microdureza de materiales restauradores durante el clareamiento dental. Los sistemas evaluados fueron: PH al 35 % + LED azul, y PH al 46 % + láser de diodo. Los materiales restauradores estéticos considerados para el estudio fueron: FiltekTM Supreme (nanorrelleno), Tetric EvoCeram (nanohíbrido), Tescera ATL (ormocer), Clearfill Majesty Esthetic (nanorrelleno), Durafill VS (microrrelleno) e IPS Empress II (cerámica). Se encontró que ambos sistemas de fotoactivación tuvieron un efecto similar, disminuyendo la microdureza de los materiales restauradores. El material compuesto nanohíbrido presentó una mayor disminución de la microdureza que los materiales con nanorrelleno y microrrelleno.

1.3 Definición de Términos Básicos

Amelodentinario: Referido al esmalte y dentina, particularmente a su límite³⁹.

Dureza: Oposición de los cuerpos que impide su deformación permanente⁵.

Esmalte: Tejido duro del diente, de origen ectodérmico, que recubre la dentina en la porción de la corona dental³⁹.

Luz emisor de diodo (LED): Dispositivo electrónico de dos terminales que emite luz al aplicarse un voltaje³⁹.

Translucidez: Cualidad de los cuerpos que permite atravesar la luminosidad, pero sin permitir ver con claridad³⁹.

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1 Formulación de Hipótesis

2.1.1 Hipótesis general

Existe diferencia de la microdureza superficial del esmalte bovino después del clareamiento con peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40% con y sin fotoactivación.

2.1.2 Hipótesis específicas

H₁: Existe diferencia estadísticamente significativa de la microdureza superficial del esmalte bovino antes del clareamiento con PH entre cada concentración evaluada.

H₀ No existe diferencia estadísticamente significativa de la microdureza superficial del esmalte bovino antes del clareamiento con PH entre cada concentración evaluada.

H₂ Existe diferencia estadísticamente significativa de la microdureza superficial del esmalte bovino después del clareamiento con PH al 35, 37 y 40% al comparar con y sin fotoactivación.

H₀ No existe diferencia estadísticamente significativa de la microdureza superficial del esmalte bovino después del clareamiento con PH al 35, 37 y 40% al comparar con y sin fotoactivación.

2.2 Variables y Definición Operacional

2.2.1 Variables y definiciones

- **Microdureza del esmalte**

Definición conceptual: Oposición que ejerce un material a ser perforado, indentado, cortado o rayado⁴⁰.

Definición operacional: La resistencia del esmalte se determinará mediante el análisis de medición óptica (Vickers).

- **Fotoactivación**

Definición conceptual: La tecnología de fotoactivación se basa en la producción de trabajo mediante la energía radiante para provocar una reacción química¹¹.

Definición operacional: Para el estudio se considerará la aplicación o no de lámparas LED para acelerar la acción del PH.

- **Concentración del PH.**

Definición conceptual: La concentración se define como la masa de un cuerpo disuelto en una solución, por el espacio que ocupa⁴¹.

Definición operacional: La concentración del PH que se utilizará en el estudio será: 35, 37 y 40%.

2.2.2 Operacionalización de variables

Operacionalización de variables:

VARIABLE	INDICADOR	SEGÚN SU NATURALEZA	SEGÚN ESCALA DE MEDICION
Independiente Fotoactivación	<ul style="list-style-type: none"> - Fotoactivadas - Sin fotoactivar 	Cualitativa	Nominal
Independiente Concentración del peróxido de hidrógeno	<ul style="list-style-type: none"> - 35% - 37% - 40% 	Cualitativa	Ordinal
Dependiente Microdureza	Microdureza Vickers <ul style="list-style-type: none"> - Antes de ser expuesta al peróxido de hidrógeno - Después de ser expuesta al peróxido de hidrogeno al 35, 37 y 40% con y sin fotoactivación 	Cuantitativa	Razón (μm)

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño Metodológico

Experimental	El investigador manipula al menos una de las variables.
Analítico	Cuenta con dos o más grupos, donde se quiere comparar el efecto de las variables (concentración del PH y fotoactivación).
Longitudinal	La variable se midió más de una vez en cada espécimen.
Prospectivo	La información se recogió después de planificarse el estudio.

3.2 Diseño Muestral

Población: Dientes bovinos (incisivos).

Muestra: 180 dientes bovinos, extraídos con un tiempo máximo de dos meses.

Unidad de Análisis: fragmentos de dientes bovinos.

Muestreo: La técnica de muestreo fue no probabilística

Tamaño de la Muestra: Como muestra se emplearon 180 dientes bovinos, divididos en 2 grupos según la aplicación de fotoactivación: sin lámparas LED y con lámparas LED (n: 90 para cada grupo) mediante el análisis de Vickers realizado por el microdurómetro⁴².

- Grupo A: PH al 35% con fotoactivación (n: 30).
- Grupo B: PH al 37% con fotoactivación (n: 30).
- Grupo C: PH al 40% con fotoactivación (n: 30).
- Grupo D: PH al 35% sin fotoactivación (n: 30).
- Grupo E: PH al 37% sin fotoactivación (n: 30).
- Grupo F: PH al 40% sin fotoactivación (n: 30).

Criterios de Selección:

Criterios de inclusión

Dientes con estructura coronaria sana

Dientes incisivos anteriores superiores e inferiores

Dientes extraídos con un tiempo máximo de dos meses

Criterios de exclusión.

Defectos del desarrollo que afecten la morfología o estructura del diente

Dientes con la superficie dañada

Dientes que no sean bovinos

3.3 Técnicas de Recolección de Datos

La investigación se realizó mediante el procedimiento aplicado por Velásquez y Abanto²⁸.

Preparación de la muestra

Se procedió a la eliminación de tejidos residuales y al pulido de la superficie del esmalte mediante copas para limpieza dental. Se elaboraron probetas acrílicas utilizando tubos de plástico de 2 cm de diámetro y de 1 cm de altura. Los dientes fueron colocados exponiendo su cara vestibular sobre una platina de vidrio, y se procedió a rellenar con acrílico de autocurado (*Vitacryl*). Seguidamente las probetas fueron agrupadas de acuerdo con el tratamiento asignado: GA: PH al 35% + lámpara LED; GB: PH al 37% + lámpara LED; GC: PH al 40% + lámpara LED; GD: PH al 35% solo; GE: PH al 37% solo; GF: PH al 40% solo.

Aplicación del agente clareador

Para el estudio se emplearon las siguientes marcas de peróxido de hidrógeno, aplicadas de acuerdo con las instrucciones del fabricante:

Whiteness HP Maxx 35%: Combina 3 gotas del agente con 1 gota del espesante. Tiempo de aplicación: 15 minutos³⁸, se realizaron tres sesiones.

Pola Office 37%: Emplea una jeringa con el contenido predeterminado por el fabricante. Tiempo de aplicación: 8 minutos³⁵, se realizaron tres sesiones.

Opalescence Boost 40%: Emplea una jeringa con el agente y otra con el activador para su combinación. Tiempo de aplicación: 20 minutos³⁶, se realizaron dos sesiones.

Para los grupos experimentales que recibieron fotoactivación, se empleó una lámpara LED (Sigma, modelo D2BB). Para el agente Whiteness HP Maxx 35% se aplicó tres sesiones de 15 minutos cada una de fotoactivación; para el agente Pola Office 37% se aplicó tres sesiones de 8 minutos cada una de fotoactivación; finalmente, para el agente Opalescence Boost 40% se aplicó dos sesiones de 20

minutos cada una de fotoactivación. Seguidamente las muestras fueron lavadas con agua desionizada por 10 segundos, para retirar los restos del PH.

Evaluación de la microdureza del esmalte

La microdureza del esmalte se evaluó antes y después de aplicarse el agente clareador mediante el análisis de Vickers realizado por el microdurómetro. Este sistema emplea un indentador con forma de una pirámide con base cuadrangular; el ángulo que forman sus caras es de 136° ⁴³⁻⁴⁴. La microdureza se obtiene dividiendo el valor de la fuerza aplicada entre la superficie de penetración⁵⁰.

Para calcular el valor de la microdureza se aplicó la siguiente fórmula:

$$HV = \frac{2F \operatorname{sen} \frac{\theta}{2}}{d^2} = 1.854 \frac{F}{d^2}$$

Donde:

HV= Valor de dureza de Vickers

F= Fuerza aplicada (Kgf)

d = Media de las diagonales de la indentación (mm)

θ = Ángulo que forman las caras opuestas en el vértice piramidal del indentador.

Para el estudio se realizaron tres indentaciones, aplicándose una fuerza de 200 gramos por 15 segundos en cada muestra. El valor de microdureza se obtuvo promediándose los valores de cada indentación (considerado en kg/mm^2).

3.4 Técnicas estadísticas para el Procesamiento de la Información

El análisis descriptivo de la información se llevó a cabo mediante medidas de tendencia central (medias con intervalos de confianza y medianas) y dispersión (desviación estándar, valores máximos y mínimos). La comparación entre el momento inicial y final se determinó mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon en los casos que no se encontró semejanza a la distribución normal y mediante la prueba t de Student para grupos relacionados cuando se observaba semejanza a la distribución normal. La comparación entre grupos se realizó a través de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con pruebas post hoc de comparaciones múltiples mediante la corrección de Bonferroni. Se utilizó un nivel de significancia de 5%. La información se procesó con el programa estadístico SPSS versión 26 en español.

3.5 Aspectos Éticos

El proyecto de investigación elaborado al ser un estudio *in vitro* no infringe a los principios éticos.

Se contó con la aprobación del Comité Revisor de Proyectos de Investigación en ACTA N°017-2022-CRPI/FO-USMP y por el Comité de Ética en Investigación ACTA N°0042022-CEI/FO-USMP, con Código de Aprobación N°010-2022-CEI-FO-USMP para ejecutar el proyecto de tesis.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Se analizaron treinta muestras en cada grupo evaluado que cumplieron estrictamente los criterios de inclusión y exclusión (Ver Anexo 5).

Respecto a los resultados del objetivo N°1, en la tabla 1 y gráfico 1 se presenta el análisis descriptivo de valores de microdureza superficial para cada grupo antes de la aplicación del agente clareador, precisando la media, mediana, desviación estándar, amplitud intercuartil e intervalos de confianza, así como los valores mínimos y máximos.

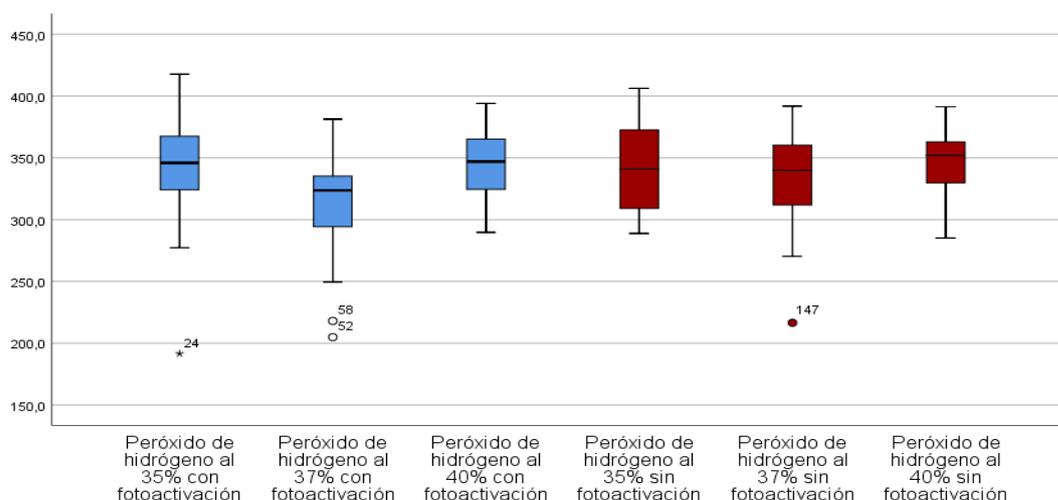
Se puede observar en los seis grupos una variación inicial en la microdureza superficial entre los 300 y 350 puntos. Esta medida inicial sirve de referencia para compararlos con los valores finales al momento de realizar las comparaciones.

Tabla 1.- Análisis descriptivo de la microdureza superficial del esmalte bovino antes de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.

		PH 35% C/F	PH 37% C/F	PH 40% C/F	PH 35% S/F	PH 37% S/F	PH 40% S/F
Media		343.627	313.970	347.280	341.980	331.540	348.200
Intervalo de confianza 95%	Límite inferior	326.144	299.283	337.226	329.957	317.862	337.243
	Límite superior	361.110	328.657	357.334	354.003	345.218	359.157
Mediana		345.850	323.700	346.950	340.750	339.900	352.000
Desviación estándar		46.8206	39.3328	26.9242	32.1979	36.6315	29.3446
Mínimo		191.6	204.9	289.7	288.8	216.5	285.1
Máximo		417.7	381.3	394.0	406.2	391.8	391.3

Abreviaturas: PH: Peróxido de Hidrógeno; C/F: Con fotoactivación; S/F: Sin fotoactivación

Gráfico 1.- Boxplot de microdureza superficial del esmalte bovino antes de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.



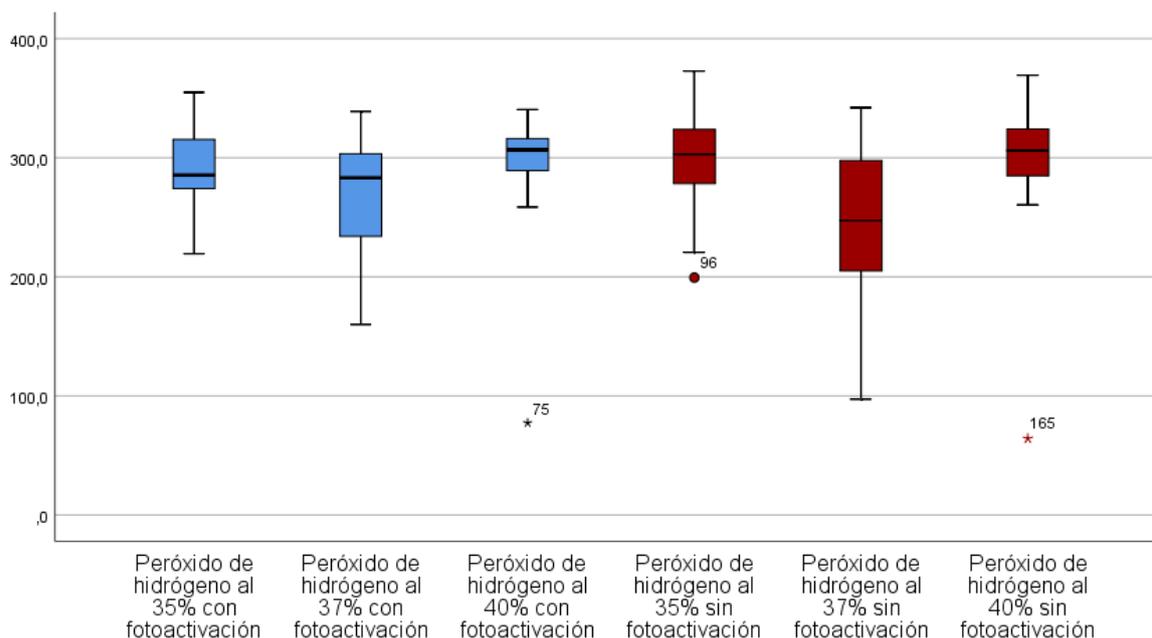
Respecto al objetivo N° 2, se presenta la Tabla 2 y Gráfico 2 relativo al análisis descriptivo para cada grupo de muestras después de la aplicación del agente clareador, precisando la media, mediana, desviación estándar, amplitud intercuartil e intervalos de confianza, así como los valores mínimos y máximos de cada grupo. Además, en el gráfico se observa que los rangos intercuartílicos son más amplios que en las medidas iniciales. Los grupos que obtuvieron mayor medida de microdureza del esmalte fueron el de PH al 40% C/F y el de PH al 35% S/F.

Tabla 2.- Análisis descriptivo de la microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.

Estadísticos		PH 35% C/F	PH 37% C/F	PH 40% C/F	PH 35% S/F	PH 37% S/F	PH 40% S/F
Media		290.343	265.433	296.397	300.303	238.477	300.090
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	278.126	245.418	279.629	285.926	212.252	281.196
	Límite superior	302.561	285.449	313.165	314.681	264.702	318.984
Mediana		285.450	283.100	306.550	302.850	247.150	306.100
Desviación estándar		32.7196	53.6031	44.9053	38.5034	70.2320	50.6001
Mínimo		219.3	160.0	77.3	199.3	97.2	64.1
Máximo		354.9	338.9	340.5	372.7	342.0	369.2

Abreviaturas: PH: Peróxido de Hidrógeno; C/F: Con fotoactivación; S/F: Sin fotoactivación

Gráfico 2.- Microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.



Un paso previo a la comparación es analizar la semejanza a la distribución normal en las medidas obtenidas para seleccionar la prueba más adecuada. Respecto al Objetivo N°3, en la **Tabla 3** se presenta la prueba de normalidad para cada grupo de muestras antes y después de la aplicación del agente clareador, observándose existen dos grupos que no presentan distribución normal: PH 40% con fotoactivación – final, PH 40% sin fotoactivación – final ($P < 0,001$ en ambos casos). Para los grupos que presenten distribución normal se empleará la prueba t de Student de grupos relacionados para comparar la microdureza inicial y final, mientras que para los grupos que no presenten distribución normal se empleó la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon.

Tabla 3.- Análisis de normalidad de las mediciones de microdureza superficial del esmalte bovino antes y después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.

GRUPO		PRUEBA DE NORMALIDAD (Kolmogorov-Smirnov ^a)		
		Estadístico	Gl	Sig.
PH al 35% con fotoactivación	Inicial	0.159	30	0.050
	Final	0.111	30	0,200*
PH al 37% con fotoactivación	Inicial	0.156	30	0.061
	Final	0.147	30	0.095
PH al 40% con fotoactivación	Inicial	0.095	30	0,200*
	Final	0.276	30	0.000
PH al 35% sin fotoactivación	Inicial	0.113	30	0,200*
	Final	0.096	30	0,200*
PH al 37% sin fotoactivación	Inicial	0.131	30	0.199
	Final	0.098	30	0,200*
PH al 40% sin fotoactivación	Inicial	0.123	30	0,200*
	Final	0.240	30	0.000

**. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
Abreviaturas: PH: Peróxido de Hidrógeno*

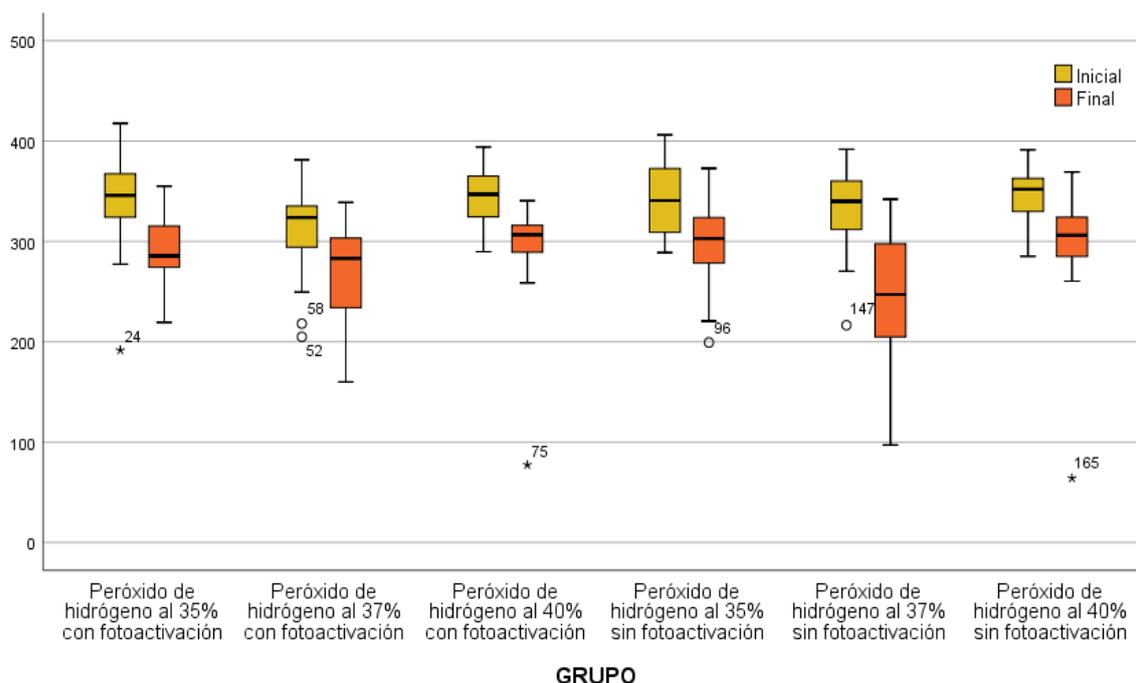
La tabla 4 y gráfico 3 presentan la comparación de la microdureza superficial del esmalte bovino antes y después de la aplicación de cada agente clareador. Se observa que en todos los grupos las medidas finales son menores a las iniciales, esto significa que el peróxido de hidrógeno disminuye la microdureza del esmalte en todos los grupos, independientemente de su concentración o fotoactivación ($P < 0.001$).

Tabla 4.- Análisis comparativo de la microdureza superficial del esmalte bovino antes y después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.

Grupo Analizado	Media	Desviación estándar (DE)	DE Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
PH al 35% C/F	53.2833	55.0017	10.0419	32.7454	73.8213	5.306	29	0.000
PH al 37% C/F	48.5367	44.8637	8.1910	31.7843	65.2891	5.926	29	0.000
PH al 40% C/F								0.000*
PH al 35% S/F	41.6767	37.7454	6.8913	27.5823	55.7710	6.048	29	0.000
PH al 37% S/F	93.0633	66.0717	12.0630	68.3918	117.7349	7.715	29	0.000
PH al 40% S/F								0.000*

Abreviaturas: PH: Peróxido de Hidrógeno; C/F: Con fotoactivación; S/F: Sin fotoactivación
 * Cálculo de significancia con la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon, los demás grupos fueron comparados con la prueba t de Student de grupos relacionados

Gráfico 3.- Boxplot de la microdureza superficial del esmalte bovino antes y después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.



En la tabla 5 y gráfico 4 se presenta el análisis descriptivo de las diferencias en la microdureza experimentadas después de la aplicación del agente clareador, precisando la media, mediana, desviación estándar, amplitud intercuartil e

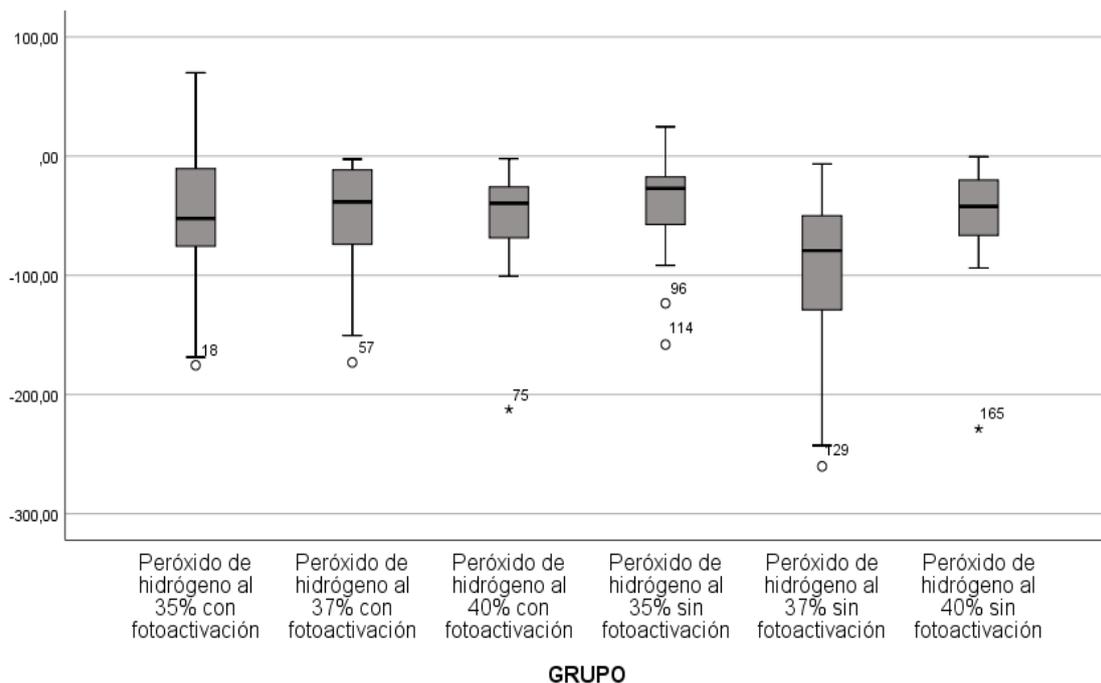
intervalos de confianza, así como los valores mínimos y máximos de cada grupo. Se observa en la **tabla 5** que los grupos donde hubo mayor diferencia fueron el de PH al 35% C/F y el de PH al 37% S/F. En el **gráfico 4** se observa los seis grupos, siendo el PH al 37% S/F el menos favorable, ya que con respecto a la medida inicial y final es el que presenta mayor diferencia; es decir, pierde microdureza superficial del esmalte con más fuerza que los otros grupos.

Tabla 5.- Análisis descriptivo de la diferencia en la microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.

Estadísticos		PH 35% C/F	PH 37% C/F	PH 40% C/F	PH 35% S/F	PH 37% S/F	PH 40% S/F
Media		-53.2833	-48.5367	-50.8833	-41.6767	-93.0633	-48.1100
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-73.8213	-65.2891	-66.3131	-55.7710	-117.7349	-64.6529
	Límite superior	-32.7454	-31.7843	-35.4536	-27.5823	-68.3918	-31.5671
Mediana		-52.3000	-38.4000	-39.5000	-27.0000	-79.3000	-42.2000
Desviación estándar		55.00171	44.86373	41.32164	37.74544	66.07167	44.30258
Mínimo		-175.40	-173.10	-212.40	-158.10	-260.20	-228.80
Máximo		70.00	-2.60	-2.10	24.60	-6.50	-0.50

Abreviaturas: PH: Peróxido de Hidrógeno; C/F: Con fotoactivación; S/F: Sin fotoactivación

Gráfico 4.- Análisis descriptivo de la diferencia en la microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.



En la tabla 6 se presenta la prueba de normalidad de las diferencias en la microdureza experimentadas después de la aplicación del agente clareador para cada grupo de muestras, observándose existen dos grupos que no presentan distribución normal: PH 37% con fotoactivación – final y PH 35% sin fotoactivación – final (P:0,045 y P:0,016 respectivamente). Por esta razón el análisis inferencial se realizó mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Tabla 6.- Pruebas de normalidad de las diferencias en la microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.

GRUPO		PRUEBA DE NORMALIDAD Kolmogorov-Smirnov ^a		
		Estadístico	gl	Sig.
Diferencia	PH al 35% C/F	0.110	30	,200*
	PH al 37% C/F	0.161	30	0.045
	PH al 40% C/F	0.155	30	0.065
	PH al 35% S/F	0.179	30	0.016
	PH al 37% S/F	0.112	30	,200*
	PH al 40% S/F	0.141	30	0.131

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Abreviaturas: PH: Peróxido de Hidrógeno; C/F: Con fotoactivación; S/F: Sin fotoactivación

Al comparar las diferencias encontradas en cada grupo con la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, se observa la existencia de diferencias estadísticamente significativas en al menos dos grupos (P=0.010).

La tabla 7 presenta las comparaciones múltiples por pares de las diferencias en la microdureza superficial del esmalte bovino experimentadas por la aplicación de los agentes clareadores. Se aprecian diferencias significativas solo en dos combinaciones; entre los grupos de PH 37% sin fotoactivación y PH 37% con fotoactivación (Corrección de Bonferroni; P:0.031); y entre los grupos de PH 37% sin fotoactivación y PH 35% sin fotoactivación (Corrección de Bonferroni; P:0.011).

Tabla 7.- Comparación de las diferencias en la microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.

PRUEBA DE COMPARACIONES MÚLTIPLES (ANÁLISIS POST HOC)

PRUEBA DE HIPOTESIS Muestra 1 – Muestra 2 (Prueba de Kruskal-Wallis)	Estadístico de contraste	Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig. ajuste
PH 37% S/F – PH 40% C/F	34,433	13,454	2,559	0,157
PH 37% S/F – PH 35% C/F	34,567	13,454	2,569	0,153
PH 37% S/F – PH 40% S/F	-39,300	13,454	-2,921	0,052
PH 37% S/F – PH 37% C/F	41,483	13,454	3,083	0,031
PH 37% S/F – PH 35% S/F	45,317	13,454	3,368	0,011
PH 40% C/F – PH 35% C/F	0,133	13,454	0,010	1,000
PH 40% C/F – PH 40% S/F	-4,867	13,454	-0,362	1,000
PH 40% C/F – PH 37% C/F	7,050	13,454	0,524	1,000
PH 40% C/F – PH 35% S/F	-10,833	13,454	-0,809	1,000
PH 35% C/F – PH 40% S/F	-4,733	13,454	-0,352	1,000
PH 35% C/F – PH 37% C/F	-6,917	13,454	-0,514	1,000
PH 35% C/F – PH 35% S/F	-10,75	13,454	-0,799	1,000
PH 40% S/F – PH 37% C/F	2,183	13,454	0,162	1,000
PH 40% S/F – PH 35% C/F	6,017	13,454	0,447	1,000
PH 37% C/F – PH 35% S/F	-3,833	13,454	-0,285	1,000

Abreviaturas: PH: Peróxido de Hidrógeno; C/F: Con fotoactivación; S/F: Sin fotoactivación.

Los valores P se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

El estudio encontró que todos los grupos presentaron una disminución de la microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación de cada agente clareador, independientemente de su concentración (35%, 37% y 40%) o de la fotoactivación. También se observó que el cambio en la microdureza superficial del esmalte después del uso de las tres soluciones solo se observa diferencias significativas en el grupo del PH al 37% sin fotoactivación y en el grupo del PH al 37% con fotoactivación ($P;0,031$) y en el grupo del PH al 37% sin fotoactivación y en el grupo del PH al 35% sin fotoactivación ($P;0,011$); en los demás grupos no se observaron diferencias significativas.

Al respecto, Goyal K, *et al.* (2021)³¹ y Borges AB, *et al.* (2014)⁴⁷ coinciden en reportar que el PH puede afectar la superficie del esmalte, independientemente de su concentración. El principio compararon concentraciones de 30%, 35% y al 40%, mientras que en el segundo emplearon concentraciones de 20%, 25%, 30% y 35%. Asimismo, Pimentel de Oliveira R, *et al.* (2018)⁴⁸ compararon el efecto del PH al 35% sobre el esmalte, aplicado en distintos intervalos de tiempo (2 y 7 días), lo cual encontraron una disminución de la microdureza al cabo de 2 días, aunque a los 7 días los cambios ya no fueron significativos. La rugosidad superficial del esmalte aumentó, independientemente del intervalo de tiempo.

Al parecer, los efectos sobre la microdureza podrían estar asociados a alteraciones en el contenido mineral del esmalte. Berger S, *et al.* (2014)⁴⁹ compararon el efecto del PH al 10%, 35% y al 50%, encontrando que todos produjeron una disminución en el contenido mineral y de calcio en el esmalte, independientemente de la concentración y número de aplicaciones.

El efecto de la fotoactivación sobre el esmalte continúa siendo un tema de controversia. Ferreira ACD, *et al.*¹² evaluaron el efecto de distintas fuentes de luz sobre el esmalte durante el blanqueamiento con PH. El estudio evaluó los siguientes tratamientos: PH al 35% solo, PH al 35% + ácido fosfórico, PH al 35% + fotoactivación (LED azul, verde o violeta), LED violeta sola, o ningún tratamiento (control). Encontraron que el grupo tratado con LED azul provocó mayores cambios en la resistencia del esmalte que los fotoactivados con LED verde y violeta. Sin embargo, no se obtuvieron cambios significativos en ningún protocolo sobre la

rugosidad del esmalte. Respecto a su morfología, los grupos tratados con LED verde y violeta evidenciaron una superficie lisa, a diferencia de los grupos tratados con LED azul o sin fotoactivador.

Así mismo, Shahabi S, *et al.*²⁵ evaluaron el efecto de distintas fuentes de energía sobre el esmalte durante el clareamiento con PH al 40%. Se compararon los siguientes tratamientos: PH al 40% solo, PH al 40% + fuente de energía (LED, láser KTP, láser de diodo, láser Nd. YAG, láser CO₂) o ningún tratamiento (control). Encontraron que todas las técnicas de clareamiento con fotoactivación fueron efectivas. El clareamiento activado por láser KTP fue el más eficiente, seguido por el láser CO₂.

Suresh S, *et al.*³² evaluaron el efecto de distintos métodos de clareamiento dental: ácido fosfórico al 37%, PH al 35%, PH al 37,5% + LED, PH al 45 % + láser de diodo, y agua destilada (control). Encontraron que todos los procedimientos provocaron alteraciones morfológicas en la superficie del esmalte. Además, se obtuvo que la aplicación del PH al 35% sin activación de luz mostró eliminación parcial de la capa superficial del esmalte. En la aplicación del PH al 37% se observó una ligera alteración en la superficie del esmalte en comparación el PH al 35%. Sin embargo, en nuestro estudio se observó que al comparar el PH al 35% sin luz y PH al 37% con luz no se obtuvieron diferencias significativas.

Por otro lado, otros estudios han reportado efectos significativos con la aplicación de estos agentes como Cavalli V, *et al.*²⁶ compararon el efecto en dientes incisivos bovinos sobre la tasa de descomposición, pH y cambio en el color producido por distintas fuentes de luz durante el clareamiento dental. El estudio evaluó los siguientes tratamientos: PC al 10%, 15%, 20% y PH al 6% (tratamiento casero sin fotoactivación), PH al 35% con fotoactivación (LED, láser y halógena), o ningún tratamiento (control). Encontraron que el pH después de la aplicación de PH 35% sin activación de luz mostro valores bajos; por ende, existe la posibilidad de pérdida de minerales en el esmalte. En nuestro estudio se observa que si hubo disminución de los minerales que componen la microdureza superficial del esmalte.

Vargas T, *et al.*²⁷ evaluaron el efecto de distintos tipos de clareamientos dentales en la concentración de fosfato del esmalte. Verificaron los siguientes tratamientos: PH al 25% + LED, PH al 35% + LED, y PH al 35% sin fotoactivación. Encontraron

que los tres clareamientos generaron el incremento de la molécula fosfato v_1 al usar gel desensibilizante, ya que existe disminución del mineral que compone la dureza del esmalte. En nuestro estudio también existen disminuciones significativas al aplicar los agentes clareadores independientemente si se usa o no fotoactivación.

Asimismo, Velásquez y Abanto²⁸ analizaron la acción de las lámparas LED en el esmalte durante el clareamiento con PH. El estudio comparó los siguientes tratamientos: PH al 35% solo y PH al 35% + LED. Encontraron que las medidas iniciales disminuyeron con respecto a las medidas finales ya sea con y sin el uso de lámpara LED; es decir, se originó una disminución en la resistencia del esmalte. Lo cual concuerda con nuestro estudio que también obtuvo una diferencia significativa con respecto a la medida inicial y final.

Con respecto, Klaric E, *et al.*³³ evaluaron distintos sistemas de fotoactivación sobre la microdureza y composición química del esmalte y dentina durante el clareamiento dental. Los agentes evaluados fueron el PH al 38% y 25%, y PC al 30%, 16% y 10%. Estos agentes lo aplicaron solos y en combinación con ZOOM2, LED, LED orgánico y láser de femtosegundo. encontraron que la aplicación de los agentes blanqueadores sin fotoactivación causaron una reducción significativa en la microdureza de estos tejidos, siendo mayor el efecto con el PH que con el PC, y estuvo en relación directa con su concentración. Así mismo, los sistemas de fotoactivación no influyeron sobre la microdureza de estas estructuras. En concordancia a nuestro estudio se obtuvo que después de colocar todos los agentes clareadores hubo disminución de la microdureza del esmalte. Sin embargo, en nuestro experimento al usar la fotoactivación si hubo disminución de la microdureza.

Con respecto a Attin T, *et al.*⁴⁵ evaluaron la influencia del diseño de la investigación sobre sus resultados, en estudios que analizaron el efecto del clareamiento sobre la microdureza del esmalte. Para ello, evaluaron 55 estudios publicados en PubMed o ISI Web of Science, con 166 mediciones de dureza realizadas directamente después del clareamiento y 69 mediciones realizadas después de un episodio posterior al clareamiento. Directamente después del blanqueo, el 51% de los tratamientos mostraron una reducción de la microdureza en comparación con la línea de base, mientras que el 49% no reportaron variaciones significativas.

Después del episodio posterior al tratamiento, el 29% mostraron una reducción de la dureza, mientras que el 71% no. Con respecto a este artículo, encontramos respaldo, ya que en nuestra investigación se usaron distintas concentraciones de clareadores con y sin sistema de activación. Donde se obtuvo una disminución significativa de la microdureza del esmalte.

Para evaluar la microdureza del esmalte pueden emplearse dientes humanos o bovinos, como en este caso. Al respecto, los dientes bovinos pueden sustituir de manera satisfactoria a los dientes humanos, constituyendo un modelo adecuado para analizar experimentalmente sus propiedades químicas, mecánicas y biológicas. Este tipo de dientes permiten evaluar las alteraciones de color, cambios microestructurales, microdureza, módulo de elasticidad, resistencia al cizallamiento y a la tracción del esmalte y dentina, así como para estudiar las propiedades de los materiales adhesivos.^{40,34}

También, se ha reportado que la aplicación de agentes fluorados también puede contrarrestar el efecto del aclarador sobre la microdureza del esmalte, llegando incluso a reportar valores similares a los de dientes sin aclarar⁴⁶⁻⁴⁷.

Para esta investigación solo se emplearon lámparas LED, por lo que los resultados no pueden ser generalizados a otras fuentes de activación. También hay que tener en cuenta que las condiciones del laboratorio no pueden reproducir con exactitud las características de la cavidad bucal.

CONCLUSIONES

1. La microdureza superficial del esmalte bovino antes de la aplicación del PH al 35% con fotoactivación fue de 343.62 Vickers y del PH al 35% sin fotoactivación fue de 341.98 Vickers. El resultado del PH al 37% con fotoactivación fue de 313.97 Vickers y del PH al 37% sin fotoactivación fue de 331.54 Vickers. La medida del PH al 40% con fotoactivación fue de 347.28 Vickers y el PH al 40% sin fotoactivación fue de 348.20 Vickers.
2. La microdureza superficial del esmalte después de la aplicación del PH al 35% con fotoactivación fue de 290.34 Vickers y del PH al 35 % sin fotoactivación fue de 300.30 Vickers. El resultado del PH al 37% con fotoactivación fue de 265.43 Vickers, el del PH al 37% sin fotoactivación fue de 238.47 Vickers y del PH al 40% con fotoactivación fue de 296.39 Vickers, el PH al 40% sin fotoactivación fue de 300.09 Vickers.
3. En todos los grupos se observaron diferencias estadísticamente significativas en la microdureza superficial del esmalte bovino antes y después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación. (Sig. < 0.001)
4. De acuerdo con las pruebas de comparaciones múltiples, se observan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de peróxido de hidrógeno al 37% sin fotoactivación y peróxido de hidrógeno al 37% con fotoactivación. Se observa también diferencia estadísticamente significativas entre los grupos de peróxido de hidrógeno al 37% sin fotoactivación y peróxido de hidrógeno al 35% sin fotoactivación.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar el estudio con dientes humanos para tener resultados más específicos.
2. Se recomienda realizar estudios con otros agentes aclarantes utilizados en el consultorio.
3. Realizar estudios que comparen el efecto de distintos sistemas de fotoactivación sobre el esmalte.
4. Realizar estudios que evalúen el efecto del peróxido de hidrógeno sobre el esmalte, en distintos intervalos de tiempo.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- 1.- Al-Angari SS, Eckert GJ, Sabrah AHA. Color stability, roughness, and microhardness of enamel and composites submitted to staining/bleaching cycles. Saudi Dent J. 2021; 33:215–221.
- 2.- Ashnagar S, Monzavi A, Abbasi M, Aghajani M, Chiniforush N. Evaluation of the effect of different laser activated bleaching methods on enamel susceptibility to caries; an *in vitro* model. J Lasers Med Sci. 2017;8(1):62-67.
- 3.- Barrancos PJ. Operatoria dental. Avances clínicos, restauraciones y estética. 5ª ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2015.
- 4.- Abbasi M, Pordel E, Chiniforush N, Firuzjaee SG, Omrani LR. Hydrogen peroxide penetration into the pulp chamber during conventional in-office bleaching and diode laser-assisted bleaching with three different wavelengths. Laser Ther. 2019;28(4):285-290.
- 5.- Goldstein RE, Garber DA. Complete dental bleaching. Hong Kong: Quintessence Publishing Co, Inc; 1995.
- 6.- Joiner A. The bleaching of teeth: A review of the literature. J Dent. 2006; 34:412-419.
- 7.- Li Y, Greenwall L. Safety issues of tooth whitening using peroxide-based materials. Br Dent J. 2013;215(1):29-34.
- 8.- Camanes G. Fuentes lumínicas para la fotoactivación en Odontología. Rev Blanq Dent. 2002; 1:17-25.
- 9.- Pontons JC, Pontons G. Aclaramiento dental con fuentes híbridas LED/LASER. Revista ADM 2008;65(3):163-167.
- 10.- Oteo J, Oteo C, Oteo A, Calvo J. Evaluación de la eficacia clínica de un sistema de blanqueamiento con peróxido de hidrógeno con y sin activación por luz. Eur J Esthet Dent. 2010;3(4):316-325.

- 11.-** Zambrano YE, Ferrini M, Setién V, Pabón A. Efectos de las lámparas de halógeno y de diodos emisores de luz en el blanqueamiento dental externo. *Rev Od Los Andes*. 2007;2(2):22-29.
- 12.-** Ferreira ACD, Batista ALA, Neto JAF, Simões TMS, da Silva MGB, de Barros DD, *et al.* Evaluation of dental enamel microproperties after bleaching with 35% hydrogen peroxide and different light sources: An *in vitro* study. *J Clin Exp Dent*. 2021;13(10):969-974.
- 13.-** Fraga MAA, Marcatto JPC, Carletti TM, Correr-Sobrinho L, Correr AB. Effect of light and heat on bleaching action of hydrogen peroxide. *Res Soc Dev*. 2021;10(13):10101320813.
- 14.-** Luk K, Tam L, Hubert M. Effect of light energy on peroxide tooth bleaching. *JADA*. 2004; 135:194-201.
- 15.-** Hurtado PM, Tobar-Tosse F, Osorio J, Orozco L, Moreno F. Amelogénesis imperfecta: Revisión de la literatura. *Rev Estomatol*. 2015; 23(1):32-41.
- 16.-** Chiego DJ. *Histología y embriología bucal con orientación clínica*. 5ª ed. España: Elsevier, Inc.; 2021.
- 17.-** Acevedo ED, Peláez AN, Christiani JJ. El esmalte dental bovino como modelo experimental para la investigación en odontología. Una revisión de la literatura. *Rev Asoc Odontol Argent*. 2021;109(2):137-143.
- 18.-** Reyes-Gasga J. Observación del esmalte humano con microscopía electrónica. *Rev Tamé*. 2013;1(3):90-96.
- 19.-** Rivera CA, Ossa A, Arola D. Fragilidad y comportamiento mecánico del esmalte dental. *Rev Ing Biomed*. 2012;6(12).
- 20.-** Gil I, García R, Reyes J. Comportamiento estructural de la unión esmalte-dentina en dientes humanos: un modelo mecanico-funcional. *Acta Microsc*. 2008;17(1):34–47.
- 21.-** Durso G, Tanevitch A, Abal A, Llompарт G, Perez P, Felipe P. Estudio de la microestructura del esmalte dental humano en relación con la microdureza y la composición química. *Cs Morfol*. 2017;19(2).

- 22.-** Macchi RL. Materiales dentales. 4^a ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2007.
- 23.-** Solís E. Aclaramiento dental: revisión de la literatura y presentación de un caso clínico. *Revista ADM*. 2018;75(1):9-25.
- 24.-** Azarbayjani Z, Jafarzadeh Kashi TS, Erfan Y, Chiniforush N, Rakhshan V. Efficacy of diode laser irradiation during dental bleaching in preventing enamel damage caused by bleaching. *Dent Res J*. 2018; 15:320-326.
- 25.-** Shahabi S, Assadian H, Mahmoudi Nahavandi A, Nokhbatolfoghahaei H. Comparison of tooth color change after bleaching with conventional and different light-activated methods. *J Lasers Med Sci*. 2018;9(1):27-31.
- 26.-** Cavalli V, Silva BGD, Berger SB, Marson FC, Tabchoury CPM, Giannini M. Decomposition rate, pH, and enamel color alteration of at-home and in-office bleaching agents. *Braz Dent J*. 2019;30(4):385-396.
- 27.-** Vargas T, Ledezma T, Wu W, Herrera OA. Effect of in-office whitening (bleaching) on phosphate concentration in dental enamel. *Rev Odont Mex*. 2018;22(1):25-29.
- 28.-** Velásquez O, Abanto M. Efecto del peróxido de hidrógeno al 35% con y sin la activación de lámpara de diodos en la microdureza del esmalte. *Kiru*. 2013; 10(1): 42–48.
- 29.-** Muñoz RD, Ampuero NP. Efecto de lámparas Led en aclaramiento dental en la clínica odontológica UCSG, semestre A-2017. *Revista Conrado*. 2018;14(62):143-147.
- 30.-** Lo Giudice R, Pantaleo G, Lizio A, Romeo U, Castiello G, Spagnuolo G, et al. Clinical and spectrophotometric evaluation of LED and laser activated teeth bleaching. *Open Dent J*. 2016; 10:242-250.
- 31.-** Goyal K, Saha SG, Bhardwaj A, Saha MK, Bhapkar K, Paradkar S. A comparative evaluation of the effect of three different concentrations of in-office bleaching agents on microhardness and surface roughness of enamel – An in vitro study. *Dent Res J* 2021; 18:49.

- 32.-** Suresh S, Navit S, Khan SA, Sharma A, Jabeen S, Grover N, et al. Effect of diode laser office bleaching on mineral content and surface topography of enamel surface: An SEM study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2020;13(5):481-485.
- 33.-** Klaric E, Rakic M, Sever I, Milat O, Par M, Tarle Z. Enamel and dentin microhardness and chemical composition after experimental light-activated bleaching. *Oper Dent.* 2015, 40(4):132-141.
- 34.-** Manual de instrucciones (en línea) 2008 (acceso 2 Julio de 2022); (3 páginas). Disponible en:

<http://www.dentallatina.com.uy/articulos/material/Manual%20de%20Instrucci%C3%B3n-%20Whiteness%20HP%20MAXX.pdf>
- 35. -** Kabbach W, Zezell DM, Bandéca MC, Andrade MF. The effect of power bleaching actived by several light sources on enamel microhardness. *Laser Phys.* 2010;20(7):1-5.
- 36.-** Ozyilmaz OY, Alptekin T, Aykent F, Kara HB. Effect of two light activated in-office bleaching agents on microhardness of different esthetic restorative materials. *Selcuk Dent J,* 2018;5:142-149
- 37.-** Henostroza G. editor. *Caries dental. Principios y procedimientos para el diagnóstico.* 1ª ed. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2007
- 38.-** Ccahuana VZ, Avelar RP, Borges ALS, Hilgert E, Lafayette NJ, Junho de Araujo JE. Resistencia adhesiva al cizallamiento de la aleación Ag-Pd a dentina de bovino. *Rev Estomatol Herediana.* 2004;14(1-2):39-44.
- 39.-** Henostroza G. editor. *Caries dental. Principios y procedimientos para el diagnóstico.* 1ª ed. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2007.
- 40.-** Anusavice KJ. Phillips. *Ciencia de los materiales dentales.* 11ª ed. Elseiver; 2004.
- 41.-** El pequeño Larousse ilustrado. 23ª ed. México: Ed Larousse; 2016.

42.- European Committee for Standardization. Dentistry - Products for external tooth bleaching (ISO 28399:2011) Bruselas: British Standards Institution (BSI) – Standards Publication;2011.

43.- Manual de protocolos y procedimientos (en línea) 2020 (acceso 2 Julio de 2022); (138 páginas). Disponible en:

<https://intl.ultradent.com/SiteCollectionDocuments/Catalog-PDFs/Spanish-EU-Catalog.pdf>

44.- Sistema avanzado de blanqueamiento dental (en línea) 2012 (acceso 02 de julio 2022); (1 página). Disponible en:

https://www.sdi.com.au/images/stories/instructions/instructions_pdf/pola_off/in_po_es.pdf

45.- Attin T, Schmidlin PR, Wegehaupt F, Wiegand A. Influence of study design on the impact of bleaching agents on dental enamel microhardness: A review. Dent Mater 2009;25(2):143-157.

46.- Barros-Matoso F, de Souza-Gabriel AE, Furtado-Messias DC, de Sousa-Neto MD, Alfredo E. Microhardness of intracoronal dentin exposed to bleaching and fluoride treatment. OOOOE. 2011;112(5).

47.- Borges AB, Zanatta RF, Barros ACSM, Silva LC, Pucci CR, Torres CRG. Effect of hydrogen peroxide concentration on enamel color and microhardness. Oper Dent. 2014;39(6).

48.- Pimentel de Oliveira R, Pereira Baia JC, Soares Ribeiro ME, da Silva e Souza Juniorbe

49.- Berger S, Soares L, Martin A, Ambrosano G, Tabchoury C, Giannini M. Effects of various hydrogen peroxide bleaching concentrations and number of applications on enamel. Braz J Oral Sci. 2014;13(1):22-27.

50.- Fricocedenthal M. Diccionario de Odontología. 2ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 1996.

ANEXO N°1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

EFECTO DEL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO AL 35, 37 Y 40% CON Y SIN ACTIVACIÓN SOBRE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DEL ESMALTE BOVINO				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	MARCO TEÓRICO	METODOLOGÍA
<p>General ¿Cuál sería el efecto del PH al 35, 37 y 40% con y sin fotoactivación sobre la microdureza superficial del esmalte bovino?</p>	<p>General - Evaluar el efecto del peróxido de hidrogeno al 35, 37 y 40% con y sin activación sobre la microdureza superficial del esmalte bovino.</p>	<p>General Existe diferencia de la microdureza superficial del esmalte bovino después del clareamiento con peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40% con y sin fotoactivación.</p>	<p>Bases Teóricas 1.- Clareamiento dental con peróxido de hidrógeno (PH) 2.- Lámparas de diodo como activadores en el clareamiento dental 3.- Microdureza del esmalte 4.- Efecto de las lámparas de diodo sobre la microdureza del esmalte durante el clareamiento dental</p>	<p>Diseño Metodológico Experimental, analítico, longitudinal, prospectivo.</p> <p>Diseño Muestral Muestreo: No probabilístico.</p> <p>Técnica de Recolección de Datos Observación.</p> <p>Variables Independiente: Fotoactivación Concentración: 35%, 37% y 40%</p> <p>Dependiente: Microdureza superficial del esmalte bovino.</p>
	<p>Específicos</p>	<p>Específicas</p>		
	<p>1. Evaluar la microdureza superficial del esmalte bovino antes de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.</p>			
	<p>2. Evaluar la microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.</p>			
	<p>3. Determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en la microdureza superficial del esmalte bovino antes y después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.</p>	<p>H₁: Existen diferencias estadísticamente significativas en la microdureza superficial del esmalte bovino antes y después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación. H₀: No existen diferencias estadísticamente significativas en la microdureza superficial del esmalte bovino antes y después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40%, con y sin fotoactivación.</p>		
<p>4. Comparar las diferencias de microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40% realizados con y sin fotoactivación.</p>	<p>H₂: Existe diferencia estadísticamente significativa de la microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40% realizados con y sin fotoactivación. H₀: No existen diferencia estadísticamente significativa de la microdureza superficial del esmalte bovino después de la aplicación del peróxido de hidrógeno al 35, 37 y 40% realizados con y sin fotoactivación.</p>			

VARIABLE	INDICADOR	SEGÚN SU NATURALEZA	SEGÚN ESCALA DE MEDICION	CATEGORÍA O VALOR
Independiente Fotoactivación	Uso de lámpara de diodos (LED)	Cualitativa	Nominal	- Con lámpara de diodos (LED) - Sin lámpara de diodos (LED)
Independiente Concentración del peróxido de hidrógeno	Instrucciones del fabricante	Cualitativa	Ordinal	- Peróxido de hidrógeno al 35% - Peróxido de hidrógeno al 37% - Peróxido de hidrógeno al 40%
Dependiente Microdureza	Análisis de Vickers.	Cuantitativa	Razón	kg/mm ²

ANEXO N°2: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS



HTL

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 1 de 14

INFORME DE ENSAYO N°	IE-0242-2022	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	07-09-2022
ENSAYO DE DUREZA MICROVICKERS EN ESMALTE DE DIENTES BOVINOS				
1. DATOS DE LOS TESISISTAS				
Nombre de tesis	"EFECTO DEL PEROXIDO DE HIDROGENO AL 35, 37 Y 40% : CON Y SIN ACTIVACION SOBRE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DEL ESMALTE BOVINO"			
Nombres y Apellidos	: Torrejon Espinoza Michell Alexandra // Torres León Viviana Noelia			
Dni	: 71242702 // 48512227			
Dirección	: Calle Madre de Dios Mz. C Lote 17 - Callao // Calle Juan Benites 264 dpto 402 - San Borja			
2. EQUIPOS UTILIZADOS				
Instrumento Microdurómetro Vickers Electrónico Vernier Digital	Marca LG - HV-1000 Mitutoyo - 200 mm	Aproximación 1 µm - 40X 0.01mm	Los resultados del informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.	
3. IDENTIFICACION DE LA MUESTRA				
Muestras de dientes bovinos	Cantidad Material Grupo A (morados) Grupo B (anaranjados) Grupo C (verde) Grupo D (morados) Grupo E (anaranjados) Grupo F (verde)	: Ciento ochenta (180) muestras : Dientes bovinos : Peróxido de hidrógeno al 35% con fotoactivación : Peróxido de hidrógeno al 37% con fotoactivación : Peróxido de hidrógeno al 40% con fotoactivación : Peróxido de hidrógeno al 35% sin fotoactivación : Peróxido de hidrógeno al 37% sin fotoactivación : Peróxido de hidrógeno al 40% sin fotoactivación	HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este documento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del informe aquí declarados.	
4. RECEPCION DE MUESTRAS				
Fecha de Ensayo	05 de Setiembre del 2022		El informe de ensayo sin firma y sello carece de validez.	
Lugar de Ensayo	Jr. Nepentas 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho			
5. REFERENCIA DE PROCEDIMIENTO				
El ensayo se realizó bajo el siguiente procedimiento:				
PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	CAPITULO/NUMERAL		
ASTME384-17	Método de prueba estándar para la dureza de materiales por microindentación	----		
6. CONDICIONES DE ENSAYO				
	Inicial	Final		
Temperatura	19.0 °C	20.0 °C		
Humedad Relativa	62 %HR	62 %HR		



Jr. Los Mirables Mz K Lote 70 Urb Los Jardines San Juan de Lurigancho - Lima +51 997 123 584 // 949 059 602
 ventas@htlperu.com // calidad@htlperu.com www.htlperu.com



HTL

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 2 de 14

INFORME DE ENSAYO N°	IE-0242-2022	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	07-09-2022
----------------------	--------------	--------------	-------------------	------------

7. RESULTADOS DE ENSAYOS DE MICRODUREZA VICKERS

Grupo A (morados)	Peróxido de hidrógeno al 35% con fotoactivación Inicial					
	Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
	1		328.7	333.5	342.6	334.9
	2		350.5	337.1	335.8	341.1
	3		354.4	330.7	348.1	344.4
	4		285.1	293.7	301.5	293.4
	5		290.8	293.4	297.6	293.9
	6		296.7	310.1	297.6	301.5
	7		362.2	350.8	341.5	351.5
	8		346.7	349.2	351.5	349.1
	9		302.7	310.3	309.4	307.5
	10		335.8	340.7	336.4	337.6
	11		415.5	410.1	408.4	411.3
	12		350.5	360.5	355.6	355.5
	13		405.8	411.3	408.7	408.6
	14		325.3	338.7	343.6	335.9
	15	100	392.0	387.3	390.8	390.0
	16	(0.98066)	339.4	341.0	343.9	341.4
	17		340.8	337.1	338.7	338.9
	18		396.5	393.1	394.5	394.7
	19		358.3	360.4	357.6	358.8
	20		366.3	368.7	367.1	367.4
	21		410.6	397.1	415.3	407.7
	22		274.3	280.9	276.8	277.3
	23		343.0	350.3	348.6	347.3
	24		211.3	180.7	182.7	191.6
	25		425.5	410.8	416.7	417.7
	26		354.4	360.1	359.8	358.1
	27		358.3	360.3	357.4	358.7
	28		370.4	368.5	372.6	370.5
	29		392.0	289.7	290.7	324.1
	30		296.7	310.4	288.1	298.4



INFORME DE ENSAYO N°		IE-0242-2022	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	07-09-2022
Grupo B (anaranjados)	Peróxido de Hidrógeno al 37% con fotoactivación Inicial				
Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	100 (0.98066)	252.0	279.6	264.6	265.4
2		290.8	358.3	356.6	335.2
3		274.3	360.5	284.5	306.4
4		290.8	293.7	291.5	292.0
5		315.3	319.1	314.3	316.2
6		318.6	323.4	315.3	319.1
7		282.4	312.1	290.6	295.0
8		254.0	250.1	244.3	249.5
9		296.7	291.1	285.3	291.0
10		296.7	294.5	291.4	294.2
11		328.7	321.6	321.7	324.0
12		325.3	325.3	321.5	324.0
13		354.4	360.8	348.1	354.4
14		335.8	334.6	334.6	335.0
15		350.5	343.0	341.0	344.8
16		362.2	358.7	360.9	360.6
17		288.0	299.7	294.6	294.1
18		335.8	319.1	324.8	326.6
19		335.8	340.1	341.8	339.2
20		362.2	350.4	357.8	356.8
21		345.2	350.3	347.6	347.7
22		218.6	197.7	198.3	204.9
23		339.4	320.3	324.6	328.1
24		332.2	319.1	321.9	324.4
25		328.7	319.9	321.7	323.4
26		378.8	383.1	381.9	381.3
27		335.8	332.2	331.3	333.1
28		214.5	217.9	221.5	218.0
29		315.3	310.1	310.6	312.0
30		326.7	319.8	321.5	322.7





HTL

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 4 de 14

INFORME DE ENSAYO N°

IE-0242-2022

EDICION N° 3

Fecha de emisión:

07-09-2022

Grupo C (verde)	Peróxido de hidrógeno al 40% con fotoactivación Inicial				
Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	100 (0.98066)	346.7	341.6	345.8	344.7
2		332.2	339.1	340.6	337.3
3		354.4	360.3	356.4	357.0
4		339.4	340.1	340.2	339.9
5		374.5	370.8	374.6	373.3
6		346.7	348.3	345.5	346.8
7		331.5	320.1	321.9	324.5
8		290.8	300.1	292.2	294.4
9		387.5	397.1	397.5	394.0
10		378.8	366.8	370.6	372.1
11		354.4	339.6	340.0	344.7
12		325.3	320.1	324.4	323.3
13		374.5	383.4	368.4	375.4
14		328.7	315.3	314.3	319.4
15		290.8	288.6	289.6	289.7
16		383.1	390.8	391.6	388.5
17		367.9	355.5	356.4	359.9
18		315.9	300.1	304.3	306.8
19		392.0	350.5	345.3	362.6
20		321.9	320.2	318.6	320.2
21		392.0	390.1	387.7	389.9
22		378.8	370.4	379.5	376.2
23		321.9	319.0	321.5	320.8
24		328.7	374.5	364.2	355.8
25		334.8	334.6	334.6	334.7
26		345.8	347.5	347.6	347.0
27		367.5	354.9	355.3	359.2
28		345.8	344.8	350.1	346.9
29		367.6	367.2	360.4	365.1
30		345.7	347.6	351.7	348.3





HTL

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 5 de 14

INFORME DE ENSAYO N°		IE-0242-2022	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	07-09-2022
Grupo D (morados)	Peróxido de hidrógeno al 35% sin fotoactivación Inicial				
Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
31	100 (0.98066)	308.9	312.1	305.6	308.9
32		378.8	390.7	364.7	378.1
33		378.8	381.3	374.4	378.2
34		358.3	360.5	354.1	357.6
35		312.1	310.8	304.3	309.1
36		327.3	319.6	321.6	322.8
37		335.8	341.7	324.3	333.9
38		374.5	380.1	364.5	373.0
39		420.5	380.1	382.5	394.4
40		368.7	357.1	359.9	361.9
41		332.2	321.8	334.5	329.5
42		358.3	360.1	356.7	358.4
43		374.5	378.4	364.8	372.6
44		290.8	287.1	288.6	288.8
45		297.1	290.7	300.5	296.1
46		302.7	300.0	301.5	301.4
47		383.1	297.7	278.6	319.8
48		374.5	370.2	374.6	373.1
49		350.5	348.6	351.1	350.1
50		407.8	410.3	400.6	406.2
51		339.4	341.8	338.2	339.8
52		350.5	338.1	336.5	341.7
53		335.8	329.4	334.3	333.2
54		374.5	380.1	381.1	378.6
55		361.5	363.5	361.4	362.1
56		297.6	298.6	299.3	298.5
57		354.8	354.6	334.6	348.0
58		347.3	342.6	324.6	338.2
59		308.9	310.2	302.6	307.2
60		299.7	298.5	296.4	298.2





HTL

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 6 de 14

INFORME DE ENSAYO N°		IE-0242-2022	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	07-09-2022
Grupo E (anaranjados)	Peróxido de hidrógeno al 37% sin fotoactivación Inicial				
Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
31	100 (0.98066)	302.7	305.9	306.6	305.1
32		344.5	350.1	347.6	347.4
33		269.1	270.1	271.6	270.3
34		332.2	340.7	345.1	339.3
35		293.7	289.5	290.4	291.2
36		302.7	300.1	300.8	301.2
37		343.0	348.5	351.6	347.7
38		340.8	351.1	352.7	348.2
39		366.3	360.8	363.6	363.6
40		321.9	330.4	328.4	326.9
41		374.5	380.1	381.6	378.7
42		356.7	360.6	361.2	359.5
43		383.1	360.4	354.3	365.9
44		350.5	328.1	315.4	331.3
45		420.5	387.3	367.6	391.8
46		325.9	324.4	321.4	323.9
47		321.9	319.0	321.8	320.9
48		305.8	319.7	323.9	316.5
49		285.1	290.3	291.7	289.0
50		312.1	310.9	312.4	311.8
51		358.3	360.1	362.5	360.3
52		361.4	359.3	361.7	360.8
53		373.7	361.5	357.7	364.3
54		350.5	328.1	321.5	333.4
55		358.3	360.5	363.9	360.9
56		290.8	281.2	282.6	284.9
57		218.4	216.4	214.8	216.5
58		335.0	340.7	345.7	340.5
59		350.5	342.3	348.6	347.1
60		335.8	350.5	355.7	347.3





HTL

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 7 de 14

INFORME DE ENSAYO N°		IE-0242-2022	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	07-09-2022
Grupo F (verde)	Peróxido de hidrógeno al 40% sin fotoactivación Inicial				
Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
31	100 (0.98066)	387.5	370.4	368.5	375.5
32		364.6	360.3	359.6	361.5
33		390.2	388.0	381.1	386.4
34		383.1	379.1	381.6	381.3
35		362.2	357.7	360.4	360.1
36		335.8	328.3	330.5	331.5
37		366.3	359.8	360.4	362.2
38		350.5	324.5	314.5	329.8
39		366.3	368.1	354.4	362.9
40		350.5	337.4	341.7	343.2
41		354.4	350.3	351.6	352.1
42		392.0	390.0	391.1	391.0
43		350.5	348.1	350.4	349.7
44		364.6	360.2	361.9	362.2
45		296.7	290.4	291.6	292.9
46		383.1	396.5	394.4	391.3
47		358.3	360.1	361.7	360.0
48		343.0	350.7	355.5	349.7
49		392.0	387.5	388.6	389.4
50		383.1	371.0	370.0	374.7
51		354.4	350.1	351.3	351.9
52		365.5	360.7	355.4	360.5
53		358.3	328.3	329.4	338.7
54		349.8	331.7	324.7	335.4
55		328.7	294.3	291.9	305.0
56		304.5	304.6	301.4	303.5
57		315.8	321.6	321.8	319.7
58		324.6	323.6	326.4	324.9
59		314.6	315.4	311.7	313.9
60		285.6	285.7	283.9	285.1





HTL

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 8 de 14

INFORME DE ENSAYO N°		IE-0242-2022	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	07-09-2022
Grupo A (morados)	Peróxido de hidrógeno al 35% con fotoactivación Final				
Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	100 (0.98066)	249.7	282.4	281.6	271.2
2		293.7	288.1	287.6	289.8
3		328.7	311.1	301.0	313.6
4		293.7	280.4	274.6	282.9
5		288.0	290.7	281.3	286.7
6		282.4	288.0	286.4	285.6
7		240.8	239.1	241.7	240.5
8		290.8	296.7	298.4	295.3
9		308.9	301.7	306.7	305.8
10		335.8	378.8	334.8	349.8
11		335.8	320.4	324.5	326.9
12		294.2	275.9	274.1	281.4
13		240.8	239.1	240.0	240.0
14		328.7	320.3	321.4	323.5
15		259.2	302.7	260.4	274.1
16		289.1	271.5	263.4	274.7
17		259.1	266.5	264.6	263.4
18		228.3	215.4	214.3	219.3
19		240.8	247.9	241.6	243.4
20		315.3	320.1	318.7	318.0
21		350.5	331.8	341.3	341.2
22		279.6	280.3	274.5	278.1
23		293.7	259.1	296.7	283.2
24		263.0	260.1	261.6	261.6
25		346.7	248.2	250.4	281.8
26		350.5	358.3	355.9	354.9
27		321.9	311.8	312.5	315.4
28		315.3	317.6	318.7	317.2
29		302.7	271.7	281.6	285.3
30		302.7	310.1	304.3	305.7





HTL

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 9 de 14

INFORME DE ENSAYO N°		IE-0242-2022	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	07-09-2022
Grupo B (anaranjados)	Peróxido de hidrógeno al 37% con fotoactivación Final				
Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	100 (0.98066)	200.9	210.3	203.6	204.9
2		254.3	250.1	248.6	251.0
3		308.9	299.6	284.6	297.7
4		290.8	284.6	281.6	285.7
5		292.6	303.4	301.3	299.1
6		302.7	300.2	299.4	300.8
7		206.0	210.7	208.6	208.4
8		252.0	224.5	225.4	234.0
9		264.0	259.4	260.6	261.3
10		296.7	285.1	286.6	289.5
11		279.6	268.6	274.6	274.3
12		290.8	288.4	280.3	286.5
13		279.6	280.5	281.4	280.5
14		335.8	320.8	325.2	327.3
15		290.8	310.3	308.9	303.3
16		299.7	287.4	284.4	290.5
17		167.7	158.1	161.8	162.5
18		325.3	321.9	324.8	324.0
19		254.3	260.7	261.6	258.9
20		343.0	342.8	331.0	338.9
21		354.4	330.6	331.6	338.9
22		188.3	193.5	198.3	193.4
23		308.9	306.1	305.4	306.8
24		332.2	315.7	312.4	320.1
25		250.8	249.7	250.1	250.2
26		314.7	301.1	305.9	307.2
27		158.0	160.3	161.8	160.0
28		180.1	178.4	177.6	178.7
29		264.0	250.4	254.7	256.4
30		165.2	175.7	175.6	172.2





HTL

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 10 de 14

INFORME DE ENSAYO N°

IE-0242-2022

EDICION N° 3

Fecha de emisión:

07-09-2022

Grupo C (verde)	Peróxido de hidrógeno al 40% con fotoactivación Final					
	Espécimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
	1		249.7	280.4	245.6	258.6
	2		331.5	321.9	321.6	325.0
	3		285.1	280.3	274.1	279.8
	4		315.3	301.1	300.5	305.6
	5		297.9	281.7	284.1	287.9
	6		310.2	311.0	304.9	308.7
	7		302.7	328.7	312.4	314.6
	8		279.6	267.9	287.1	278.2
	9		312.1	321.5	314.3	316.0
	10		321.9	317.4	318.6	319.3
	11		308.9	299.7	300.4	303.0
	12		285.1	290.3	291.4	288.9
	13		304.5	310.1	306.1	306.9
	14		299.1	284.7	297.1	293.6
	15	100	80.1	69.3	82.4	77.3
	16	(0.98066)	285.1	290.1	292.7	289.3
	17		321.9	330.4	331.7	328.0
	18		276.9	308.9	310.5	298.8
	19		346.7	340.8	334.1	340.5
	20		328.7	313.1	312.4	318.1
	21		285.1	290.3	292.2	289.2
	22		319.9	303.1	300.4	307.8
	23		315.3	301.7	301.5	306.2
	24		328.6	325.4	321.8	325.3
	25		314.0	310.0	301.3	308.4
	26		318.6	313.1	304.2	312.0
	27		340.8	308.9	305.3	318.3
	28		308.9	282.4	289.1	293.5
	29		318.6	308.9	304.2	310.6
	30		263.5	299.7	284.3	282.5





HTL

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 11 de 14

INFORME DE ENSAYO N°		IE-0242-2022	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	07-09-2022
Grupo D (morados)	Peróxido de hidrógeno al 35% sin fotactivación Final				
Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
31	100 (0.98066)	258.2	279.1	264.5	267.3
32		365.4	366.3	364.5	365.4
33		321.9	318.1	315.8	318.6
34		358.8	347.4	335.6	347.3
35		305.8	290.1	292.4	296.1
36		199.3	201.1	197.5	199.3
37		290.8	281.9	282.3	285.0
38		296.1	280.7	282.4	286.4
39		366.3	377.3	374.5	372.7
40		293.1	277.3	278.6	283.0
41		312.1	300.3	304.3	305.6
42		328.7	317.9	314.9	320.5
43		328.0	311.7	312.3	317.3
44		285.1	277.3	272.6	278.3
45		259.1	260.1	258.7	259.3
46		269.1	273.5	282.3	275.0
47		302.7	300.2	297.3	300.1
48		362.2	348.1	342.6	351.0
49		346.7	321.7	320.4	329.6
50		335.8	317.5	322.8	325.4
51		333.6	323.1	314.3	323.7
52		308.9	321.9	318.7	316.5
53		269.1	271.3	287.4	275.9
54		220.5	219.3	221.6	220.5
55		339.4	320.0	314.6	324.7
56		325.3	328.6	315.4	323.1
57		259.1	261.7	248.3	256.4
58		305.8	321.9	304.0	310.6
59		297.5	290.8	292.7	293.7
60		288.0	281.7	272.6	280.8





HTL

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 12 de 14

INFORME DE ENSAYO N°		IE-0242-2022	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	07-09-2022
Grupo E (anaranjados)	Peróxido de hidrógeno al 37% sin fotoactivación Final				
Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
31	100 (0.98066)	149.2	180.7	152.4	160.8
32		352.0	321.5	321.4	331.6
33		143.0	175.5	164.3	160.9
34		315.3	301.3	284.3	300.3
35		172.9	240.8	184.5	199.4
36		296.7	300.1	287.2	294.7
37		318.6	300.1	304.6	307.8
38		202.6	210.7	201.3	204.9
39		95.7	113.4	101.0	103.4
40		226.3	210.6	214.3	217.1
41		164.7	118.8	124.2	135.9
42		358.3	343.0	324.6	342.0
43		311.4	297.4	300.4	303.1
44		325.3	317.3	321.5	321.4
45		335.8	328.3	333.4	332.5
46		110.1	103.6	105.6	106.4
47		245.2	258.1	246.7	250.0
48		302.7	291.7	298.4	297.6
49		227.9	231.5	241.6	233.7
50		269.1	253.0	241.7	254.6
51		296.7	285.1	263.4	281.7
52		209.5	215.3	204.8	209.9
53		199.3	245.2	200.5	215.0
54		285.1	290.4	275.1	283.5
55		254.3	250.1	241.9	248.8
56		220.5	231.8	234.7	229.0
57		93.1	98.5	100.0	97.2
58		234.4	256.7	245.4	245.5
59		264.0	274.3	263.1	267.1
60		226.3	216.7	212.6	218.5





HTL

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 13 de 14

INFORME DE ENSAYO N°		IE-0242-2022	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	07-09-2022
Grupo F (verde)	Peróxido de hidrógeno al 40% sin fotoactivación Final				
Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
31	100 (0.98066)	321.9	318.1	325.4	321.8
32		332.2	341.1	351.0	341.4
33		321.9	320.4	317.5	319.9
34		296.7	299.7	300.4	298.9
35		328.7	310.5	305.0	314.7
36		346.7	330.8	315.6	331.0
37		325.3	317.1	312.4	318.3
38		269.1	290.8	291.6	283.8
39		299.7	289.3	287.4	292.1
40		261.6	259.1	260.4	260.4
41		346.0	330.5	324.6	333.7
42		293.7	300.5	301.6	298.6
43		335.8	318.7	317.7	324.1
44		305.8	297.1	298.3	300.4
45		52.3	68.3	71.6	64.1
46		363.8	372.6	371.1	369.2
47		339.4	321.3	320.1	326.9
48		325.3	318.1	321.9	321.8
49		328.7	332.2	331.8	330.9
50		279.6	280.5	282.6	280.9
51		299.1	279.6	280.9	286.5
52		321.9	317.1	215.6	284.9
53		332.2	335.3	334.4	334.0
54		321.9	318.1	320.6	320.2
55		296.5	298.6	299.4	298.2
56		276.9	269.1	270.4	272.1
57		274.3	281.1	282.3	279.2
58		302.7	295.7	298.4	298.9
59		321.9	308.9	304.6	311.8
60		272.7	290.5	288.8	284.0





HTL

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 14 de 14

INFORME DE ENSAYO N°	IE-0242-2022	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	07-09-2022
  ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN CIP: 193364 INGENIERO MECANICO Jefe de Laboratorio	 HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE			
El resultado es solo válido para las muestras proporcionadas por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe de ensayo.				
FIN DEL DOCUMENTO				

ANEXO N°3: REGISTRO FOTOGRÁFICO



Imagen N°1 Dientes bovinos antes de su preparación



Imagen N°2 Muestras separadas por concentraciones para la investigación



Imagen N°3 Microdurómetro de Vickers

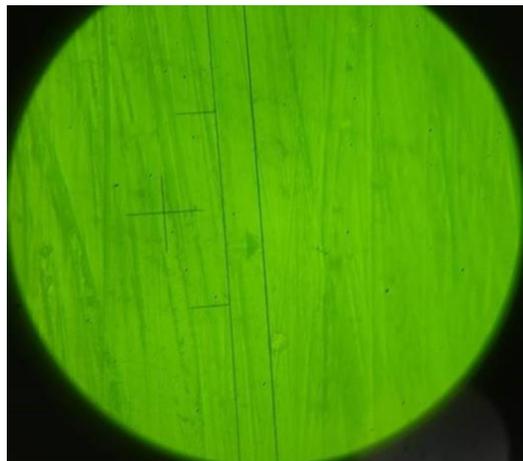


Imagen N°4 Colocación de la muestra para la prueba de microdureza inicial

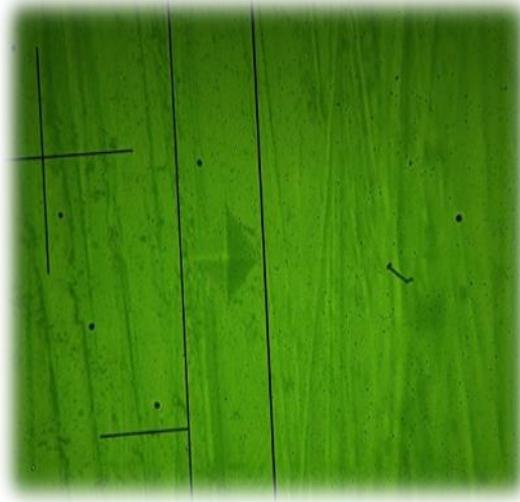


Imagen N°5 Evaluación óptica a 50x de aumento en el microdurómetro

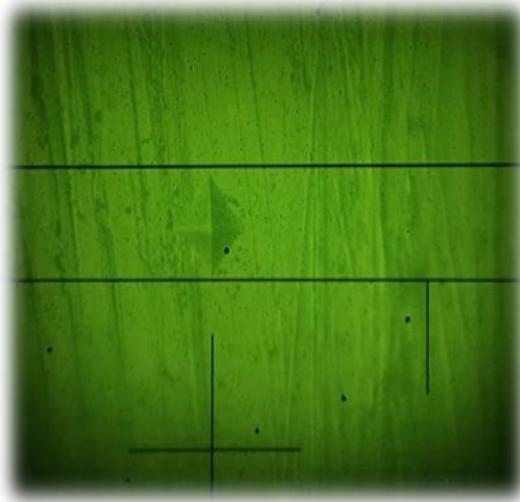


Imagen N°6 Evaluación óptica de la Muestra final

ANEXO N°4: APROBACIÓN DE LOS COMITES



San Luis, 11 de julio de 2022

CARTA N°010-2022-INVE-FO-USMP

Señores

TORREJON ESPINOZA MICHELL ALEXANDRA

TORRES LEON VIVIANA NOELIA

Bachilleres en Odontología

Presente.-

Es grato dirigirnos a ustedes para saludarlos cordialmente y a la vez informarles que el proyecto de investigación titulado: “**EFFECTO DEL PEROXIDO DE HIDROGENO AL 35, 37 Y 40% CON Y SIN ACTIVACION SOBRE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DEL ESMALTE BOVINO**”, ha sido aprobado por el Comité Revisor de Proyectos de Investigación (ACTA N°017-2022-CRPI/FO-USMP) y por el Comité de Ética en Investigación (ACTA N°004-2022-CEI/FO-USMP), con Código de Aprobación N°010-2022-CEI-FO-USMP.

Es lo que se les informa para los fines que estimen conveniente.

Sea propicia la ocasión para expresarles nuestra deferencia y consideración.

Atentamente;

Dr. RAFAEL MORALES VADILLO
Director del Instituto de Investigación
Facultad de Odontología - USMP

Dr. ARÍSTIDES JUVENAL SÁNCHEZ LIHÓN
Presidente del Comité de Ética en Investigación
Facultad de Odontología - USMP