

VNiVERSiDAD D SALAMANCA



**FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE CIRUGIA**

TESIS DOCTORAL

**Relación Entre la Evolución Cronológica del
Esmalte y su respuesta a la técnica de Grabado
Acido Convencional: ESTUDIO IN VITRO.**

MARCOS ESTEBAN DIAZ PERALTA

Directores

PROF. DR. ÁNGEL F. ESPÍAS GÓMEZ. MD, DDS, PHD, MSC

PROF. DR. LUIS A. SÁNCHEZ SOLER. MD, DDS, PHD, MSC

PROF. DR. JULIO HERRERO PAYO. MD, DDS, PHD, MSC

**SALAMANCA
2019-20**

Este trabajo de investigación *in vitro* se realizó en:
La Universidad de Barcelona
Facultad de Medicina
Departamento de Odontología, y Catedra de Materiales Dentales.
Los Centros Científicos y Tecnológicos de la Universidad de
Barcelona. Técnicas Nanométricas, CCIUTB
Universidad de Barcelona
Los Laboratorios de Microscopía Electrónica
Departamento de Tecnología de Materiales
División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Universidad de
Barcelona



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Estudio de Investigación *in vitro* Para optar por el título de DOCTOR.
En la Universidad de Salamanca “Relación Entre la Evolución
Cronológica del Esmalte y su Respuesta a la Técnica de Grabado
Acido Convencional”

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

Primero a Dios a quien agradezco lo que fui, lo que soy y lo que seré, a Él, el honor y la gloria por los siglos de los siglos, gracias padre por tu paz, por tu amor y tu misericordia para mí y los míos.

A Carmen, esposa y amiga, compañera de todas mis batallas, mi motivo de vida, y la inspiración para enfrentar las luchas del día a día, gracias Mami por apoyarme siempre, y ser mi compañera en los buenos y malos momentos que se presentan en la vida, tu inmenso amor es el motor que impulsa mi vida. Te amo. Eres el mejor regalo que Dios me dio, te amare a través del tiempo y del espacio aun después de dejar este mundo, en el otro te seguiré amando.

A mis hijos, Marina Victoria, Penélope y José Augusto, mi forma más bella de dar y recibir amor. Con ellos a sus compañeros los hijos que trajeron a mi vida, Ricardo, Noel y Nicol, gracias por ser parte de mi vida.

A mis nietos, Marcos Arturo, Camila, Ricardo, Carmen Victoria, Marcos Augusto, Isabella Marina y Rebecca, la manera en que Dios padre me devolvió la atención que no pude dar a mis hijos, por estar en la lucha para darle, techo, educación y su seguridad futura, los amo.

A mis padres José y Victoria, a mis abuelos Apolinar y Eladia, a mis tíos padres Josefina, Rafaela y Gaspar, gracias por hacer de mí una persona con valores y principios basados en el amor y la honestidad. A Vicente y Elsa gracias por ser los padres que fueron.

A mis hermanos; Víctor, Altagracia, Rosario, Andrés, Carlos, Ismelda, Nilviades y José Omar, gracias del alma por su amor apoyo y ser los hermanos que nuestros padres formaron.

A mis hermanos(cuñados) Bisono-Loveras, que bello ha sido ser parte de Uds. y poder tener unos padres tan íntegros y amorosos como los que tuvimos, Augusto y Marina.

Agradecimientos.

“Sentir gratitud y no expresarla es como envolver un regalo y no darlo.” William Arthur Ward.

Quien mucho a vivido mucho agradece por eso, quiero agradecer:

A mis tutores el Dr. Luis Alberto Sánchez Soler, la inversión de los papeles que he vivido junto a ti me has servido para ver que vale la pena sembrar, pues los frutos se recogen en algún momento de nuestras vidas, gracias Luis por tu apoyo incondicional y sin medida ni tiempo.

Al Dr. Julio Herrero Payo por sus esfuerzos y apoyo de diferentes maneras para que este proyecto se convirtiera en una hermosa realidad, eres de los grandes que se arriesgan a creer sin ver, como normas, siempre recogen sus frutos. Gracias por todo.

A mi guía y motivador, al Dr. Ángel F. Espías Gómez, gracias mi Dr. sin Ud. no estaría en el renacimiento de mi vida con la fe que hoy lo hago, su apoyo y de los suyos me han devuelto la fuerza para seguir adelante, gracias del alma por todo mi querido “Ángel” en este momento plasmo como si fuera mía la expresión de La Bueyere **“No hay en el mundo más bello exceso que el de la gratitud”**

“El agradecimiento es la memoria del corazón”. Anónimo.

Esta frase la hago mía para decirte esto a ti mi querido y adorado Dr. Andrés Miranda, gracias por ser hno., padre y guía en los momentos más difíciles de mi vida donde todo era oscuridad, Dios puso un ángel que me enseñó la luz a seguir y devolverme con tu apoyo las fuerzas para retomar el deseo de seguir adelante y saber que no todo estaba perdido porque el mundo tiene seres humanos como tú, cuanto te quiero y agradezco todo y por todo, Dios te siga bendiciendo siempre hno. y amigo tu que me enseñaste el sentido de la frase del libro de Tobías que dice, **“ Si tienes mucho da con abundancia, si poco, aun en lo poco da de buenas ganas”** gracias Andrés porque esto lo hiciste conmigo y los míos. Solo siendo lo que tú crees que soy, te pago todo lo hecho por mí, pido a Dios todos los días te cuide, proteja y guie tu diario actuar hno. querido.

A mis queridos ángeles guardianes: A mi adorado hno. Juan Lacambra, gracias por llevarme en tus hombros, y siempre estar pendiente de cómo estamos y estar ahí con tu apoyo siempre y donde te necesitemos., te adoramos hno.

A Enrique y Solly, gracias hnos., el regalo de Dios para guiarnos, orientarnos y apoyarnos en el proceso de establecernos en este nuevo comienzo de vida.

A Juan Carlos y Jenny, por Uds. estamos aquí, gracias por su apoyo incondicional.

A mi querido Dr. Frank Ureña hno. y amigo, gracias por tus llamadas diarias, tu apoyo me anima a seguir luchando cada día, recuerda este proyecto de vida lo iniciamos juntos y terminaremos juntos con la ayuda de DIOS.

A mis adorados hermanos elegidos para estar siempre a mi lado.

Dr. José A. Goris (chelo) Tomas Tavares (El Gallo) A Carlos Eugenio Checo (Carlito) te busqué y te encontré con todo el amor de un hermano, a Ernesto Troncoso, gracias del alma mi querido Erne.

A mis colegas que hoy son los responsables de que cada día tenga más deseos de aprender y trabajar en lo que tanto nos gusta, la odontología: Dr. Gilberto Henostroza Haro, Dr. Fernando Maravankin, Dr. Roberto Espinosa y a mi querido y adorado hijito Alejandro Unzueta Chiriquí. Gracias por compartir sus conocimientos.

Finalmente a mis alumnos, a todos aquellos que de alguna manera participe en su proceso de formación les serví de guía en sus caminos, y me hacen sentir que fui parte de su proceso, gracias por recordarme con tanto cariño, Dios los bendiga a todos, y los exhorto a seguir creciendo recordando la frase de John F. Kennedy **“La conformidad es el carcelero de la libertad y el enemigo del crecimiento”** nunca se cansen de aprender, y recuerden el famoso enunciado de Platón que dice **“El que aprende y aprende y no practica lo que sabe, es como el que ara y ara y no siembra”**

INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	
Índice de Diagramas	
Índice de Tablas	
Índice de Fotos.....	
Índice de Gráficos.....	
1.- MOTIVO Y JUSTIFICACION	1
2.-INTRODUCCIÓN.....	3
3.- REVISIÓN DE CONOCIMIENTOS.....	7
3.1.- CARACTERISTICAS DEL ESMALTE DENTAL	8
3.1.1. Generalidades.....	8
3.1.2. Embriología del Esmalte.....	9
3.1.2.1. Amelogénesis.....	10
3.1.2.2. Generalidades	10
3.1.2.3. Ciclo vital de los ameloblastos.	10
3.1.3. Histología del esmalte.....	11
3.1.4. Histofisiología	12
3.1.5. Biopatología y Consideraciones Clínicas.....	13
3.1.6.- Estructura y composición química del esmalte.....	16
3.1.6.1 Esmalte superficial	16
3.1.6.2. Esmalte profundo.....	16
3.1.6.3. Esmalte prismático.....	17
3.1.6.4. Esmalte aprismático.....	18
3.1.6.5. Unidades estructurales secundarias.....	18
3.1.7.- Propiedades físicas.....	21
3.1.7.1.- Mecánicas:	21

3.1.7.2.-No Mecánicas. Características Ópticas.	22
3.2.- EVOLUCIÓN DEL ESMALTE POR LA EDAD, HABITOS Y EL USO.....	24
3.2.1. Topografía Normal Del Esmalte.....	27
3.2.2. Proceso de la evolución cronológica superficial del esmalte dental.....	28
3.3.- DIFERENCIAS ENTRE EL ESMALTE PRIMARIO Y PERMANENTE	29
3.3.1. Cutícula del esmalte	31
3.4.- Adhesión al esmalte.	31
3.4.1. Concepto de Adhesión.	32
3.4.1.1. Fundamentos de adhesión a los tejidos dentarios	33
3.4.1.2. Sustratos histológicos para la Adhesión.....	34
3.4.1.3. Mecanismos adhesivos.	34
3.4.2. Evolución de la Adhesión al Esmalte	38
3.5.- GRABADO ÁCIDO DEL ESMALTE.....	40
3.5.1. Definición conceptual.....	41
3.5.2. Importancia del grabado ácido	41
3.5.3. TIPOS Y CARACTERISTICAS DEL ÁCIDO GRABADOR	42
3.5.4. Técnica de grabado ácido.....	47
3.5.5. Relación entre el envejecimiento del esmalte con respecto a la técnica de grabado ácido para protocolos adhesivos.	49
3.5.6. Protocolo Clínico Para la Adhesión en Esmalte.....	49
ESTUDIO DE INVESTIGACION.	50
4. Hipótesis.....	51
5.- OBJETIVOS	53
5.1.- Objetivo General.	54
5.2.- Objetivos Específicos.	54
6.- MATERIAL Y METODO.....	55
6.1.- MATERIALES.	56
6.2.- Aparatología.....	61
6.3.- Metodología.....	64
6.3.1.- Recolección de las muestras.....	65
6.3.2.- Población y Muestras.....	66
6.2.3.- conservación de las muestras.....	69
6.3.4.- Preparación de las muestras.	70

6.3.5.- Preparación de la superficie del diente.....	72
6.4. - GRUPOS DE ESTUDIO.	72
6.4.1.- Conformación de las muestras	73
6.4.2.- Superficie del esmalte despues de ser sometido a la técnica de grabado ácido.....	76
7 - RESULTADOS.....	78
7.1. -INTERFOMETRIA CONFOCAL.....	79
7.2.-RESULTADOS ESTADÍSTICOS.....	109
7.3.I- PARÁMETROS DE AMPLITUD (medidos en μm).....	112
7.4.-II.- OTROS PARÁMETROS 3D	137
7.5.-III.- PARÁMETROS FUNCIONALES	138
Variable: Altura de pico maximo del perfil de rugosidad (S_p).....	142
Resumen de media parametro de amplitud. Filtro Gaussiano.....	143
Análisis de la evaluación de los resultados.....	143
8.- DISCUSIÓN.....	146
9.- CONCLUSIONES	167
10.- SUGERENCIAS	169
11.- BIBLIOGRAFÍA	171
12.-ANEXOS	195

Índice de Diagramas

Diagrama 1 Clasificación y características del esmalte dental como superficie adherente factores intrínsecos y extrínsecos	33
Diagrama 2 Clasificación de los mecanismos adhesivos (O'Brien) [44]	35
Diagrama 3 de la Relación Histórica del grabado con Ácido Orto fosfórico sobre el Esmalte.....	40
Diagrama 4 efectos de la edad, usos, ácidos bucales, y técnicas de remineralización en el proceso evolutivo del esmalte	49
Diagrama 5 Diagrama del Diseño del Estudio.....	65
Diagrama 6 Aplicación por Grupo de la Técnica de Grabado Acido	73

Índice de Tablas

Tabla 1– Coeficiente de relación	113
Tabla 2 – Evolución en el Adulto, en el Mayor y en el joven: 10,15 y 20 segundos	114
Tabla 3– Coeficiente de relación	116
Tabla 4– Evolución en el Adulto, en el Mayor y en el joven: 10,15 y 20 segundos	117
Tabla 5- Coeficiente	120
Tabla 6– Media aritmética	122
Tabla 7 Media Aritmética	124
Tabla 8, Kurtosis CR	126
Tabla 9, Coeficiente	129
Tabla 10– Coeficiente de relación	135
Tabla 11– Comparación St - Sz	135

Índice de Fotos

Foto 1 Esmalte Joven.....	28
<i>Foto 2 Esmalte Adulto</i>	28
<i>Foto 4 Patrón de grabado tipo I. Silverstone et al 1975.</i>	44
<i>Foto 5 Patrón de grabado tipo II. Silverstone et al 1975.</i>	44
<i>Foto 6 Grabado tipo III. Silverstone et al 1975.</i>	45
<i>Foto 7 grabado tipo IV Galil y Wright</i>	45
Foto 8 grabado tipo V Galil y Wright	45
Foto 9 proceso evolutivo del esmalte	52
Foto 10 Jeringa de ácido de COLTENE.....	56
Foto 11 Grabado ácido sobre esmalte.....	57
Foto 12 Desinfectante de uso dental.....	57
Foto 13 Curetas periodontales Gracey 2.0 11/12 Hu Friedy.	58
Foto 14 Bisturí 15 # con su mango Desechable.	58
Foto 15 Agua Destilada	58
Foto 16 Clorhexidina.	59
Foto 17 Bicarbonato de Sodio Puro.....	60
Foto 18 Brochas de Pelos suave	60
Foto 19 Saliva Artificial.....	61
<i>Foto 20 Microscopio de medición 3D Leica DCM</i>	63
Foto 21 Sección del laboratorio de microscopia.....	64
Foto 22 Dientes recolectados para el estudio y clasificado por edad	66
Foto 23 Frascos con los dientes en humedad relativa en agua destilada y envasados a temperatura ambiente.....	66
Foto 24 clasificados los dientes limpiados previos a llevarse al almacenamiento con saliva artificial	68
Foto 25 Grupo de estudio montado en tacos de yeso, clasificado por periodo evolutivo, divididos en grupos de tres más el referente o testigo de cada grupo	68
Foto 26 Proceso evolutivo con el aumento de color por envejecimiento.....	69
Foto 27 de conjuntos de acercamiento de los cambios evolutivos del esmalte	70
Foto 28 Preparación de superficies previo a la aplicación de la técnica de grabado ácido	71
Foto 29 Preparación de la superficie del diente	72
Foto 30, 31 y 32 tomadas al temporizador con el tiempo de aplicación por grupo de estudio.....	76
Foto 33, 34 y 35 después de la aplicación del ácido y delimitación de las zonas de la superficie del esmalte a evaluar.....	76

Foto 36 y 37 Para evaluar con caso clínico la superficie blanco tiza que queda el esmalte después de ser sometido a la técnica.....77

Índice de Gráficos

Gráfico 1, Media Aritmética	112
Gráfico 2, Desviación Standard	114
Gráfico 3, Efecto en la muestra	115
Gráfico 4, Media aritmética	115
Gráfico 5, Desviación Standard	116
Gráfico 6, Efecto en adulto, joven y mayor.....	117
Gráfico 7, Media.....	118
Gráfico 8, Sz desviación estándar	119
Gráfico 9, Evolución	120
Gráfico 10, Media Aritmética	122
Gráfico 11, Desviación Standard	123
Gráfico 12, Ssk	123
Gráfico 13, Media	125
Gráfico 14, Kurtosis DS.....	126
Gráfico 15, Kurtosis.....	126
Gráfico 16, Evolución	127
Gráfico 17, Media Aritmética	128
Gráfico 18, Desviación	128
Gráfico 19, Evolución	130
Gráfico 20, Máxima profundidad	131
Gráfico 21, Desviación estándar	132
Gráfico 22, Evolución	132
Gráfico 23, St: Media	133
Gráfico 24, Desviación estándar	134
Gráfico 25, Comparación St - Sz	136
Gráfico 26, comportamiento	136
Gráfico 27, media aritmética.....	137

Gráfico 28, Perfil de rugosidad	139
Gráfico 29, SMR	140
Gráfico 30, Evolución	140
Gráfico 31, SMC: media	141
Gráfico 32, SMC evolución	141

1.- MOTIVO Y JUSTIFICACION

Todos los procesos restauradores modernos se basan en principios adhesivos, pero el desconocimiento o deficiencia en el manejo de las técnicas, protocolos, sustratos adherentes y adhesivos hacen que una gran mayoría de clínicos la vean poco confiable.

Nuestra finalidad es dar a las técnicas de grabado un criterio confiable en cuanto al tiempo de grabado y de la calidad del esmalte como sustrato de grabado, y de esta manera tener una técnica adhesiva totalmente confiable y con resultados finales predecibles a largos plazos. Aun con los avances y evolución de los adhesivos como los auto grabadores los estudios longitudinales nos siguen indicando que la más confiable es el método de “grabado ácido convencional” con el ácido ortofosfórico al 35% sobre el esmalte dental. La base de la odontología adhesiva sobre esmalte se inicia con el grabado ácido, dada la baja energía de la superficie del esmalte es fundamental que esta técnica sea confiable para que los resultados adhesivos sean predecibles a corto, mediano y largo plazos en los procesos restauradores.

La adhesión es el paso más importante posiblemente en la historia de la odontología, en los últimos tiempos todas las técnicas restauradoras se realizan con principios adhesivos y cambiamos de materiales de macro retención basados en amplias cavidades poco bioconservadoras, por la cantidad de desgastes de tejidos dentales que se eliminará, aun así, no había intimidad material restaurador y los tejidos dentarios por lo cual la micro infiltración era la causa de fracasos de muchas restauraciones dentales. Con la aparición de las resinas compuestas estas se convierten en la base fundamental de la odontología con grandes cambios como el de la adhesión por la retención donde se logra mayor bioconservación de tejidos y a la vez mayor biocompatibilidad, de esta manera hemos llegados a una odontología menos invasiva por consiguiente mucho más bioconservadora ^{1,2}

Los estudios realizados hasta ahora nos han ayudado con las técnicas pero aún falta mucho por aprender en materia de cómo adherir a los tejidos dentarios y a las bondades y límites de los biomateriales dentales ya que muchos de los fracasos son el resultado de los desconocimientos de estos parámetros en los biomateriales, pero que han traído como

consecuencia las causas de fracasos en las técnicas, otras han sido la simplificación en la fabricación de estos biomateriales para hacerlos más manejables para el clínico general, estos han dado técnicas más sencilla pero más fracaso en los resultados finales de los procesos restaurativos. Otros fracasos son frutos de la información, incorrecta que pueden alterar las propiedades y buen funcionamiento de los biomateriales. Son muy diversas las maneras en que han sido clasificados, como así también sus características y los componentes; todo ello, debe tenerse presente, que afectan, en forma directa, en el proceso y en afirmar, si se ha logrado una adhesión eficiente en la odontología restauradora.³

Aun así, cabe destacar que la aparición de la odontología adhesiva ha sido el más grande de los avances de la odontología, cualitativa y cuantitativamente. En fin, gracias a la odontología adhesiva tenemos restauraciones biocompatibles, sin micro filtraciones y dentocoloreadas lo que nos dan como resultado final restauraciones Biomiméticas que nos permiten recrear la naturaleza como jamás lo imaginamos; funcional, histológica y estéticamente. Cabe destacar que la aparición de la odontología adhesiva convirtió a la odontología de hoy de reactiva a proactiva, hoy no solo actuamos frente a la enfermedad, sino también al deseo del paciente de verse y sentirse y bien.^{4,5}

Actualmente, en la era de la adhesión, el adelanto de nuevos productos adhesivos como los self etching y mejoras en los polímeros, se ha orientado en obtener una mayor efectividad en los aspectos que influyen y afectan a la adhesión y optimizar las propiedades físicas, mecánicas, como así también las químicas de los polímeros, para su correcta utilización y desempeño en su función específica, en el medio ambiente oral e incrementar la longevidad clínica de los mismos, ya que hoy en día todos los procesos restauradores modernos se basan en técnicas adhesivas, es fundamental que el clínico tenga un correcto uso de las superficies adherentes, como el esmalte y la dentina en su preparación para que los adelantos logrados en los materiales tengan los resultados deseados.^{6,7,8}

Obtener un resultado exitoso, estará relacionado con la posibilidad de controlar los protocolos clínicos, con la finalidad de impedir fallos provocados por el operador que disminuyen el correcto pronóstico en el largo plazo, errores fundamentados en el mal manejo del protocolo del grabado ácido afectan la correcta adhesión sobre la superficie del esmalte y de esta manera se produce uno de los principales fracasos de esta técnica, la micro infiltración

marginal, ya que esta produce, cambio en el color del composite, fractura del bloque y el desprendimiento final de este. Con la realización de este estudio queremos darle al clínico los parámetros más precisos para evitar el fracaso en la técnica de adhesión sobre esmalte.^{9,10}

2.- INTRODUCCIÓN.

2.- INTRODUCCIÓN.

Los intentos para variar las técnicas restauradoras en odontología siempre estuvieron presentes en la cabeza de los grandes pensadores del área como Black, Phily, Hagger y Mclean entre otros, que veían más allá de sus épocas, entre ellas podemos citar la técnica del pincel, primer intento de realizar restauraciones dentocoloreadas para el sector anterior. Pero no fue hasta a partir de los postulados de las técnicas de grabado ácido sobre el esmalte, propuesto por Buonocore^{1*} en el año 1955, y los adelantos en el estudio de una resina basada en “Bis-GMA”, (que fue registrada por Bowen en el año 1962, y mejorada en 1965), que se dió inicio a una gran industria de desarrollo de productos dentales y técnicas que hoy en día son las bases que se aplican en prácticamente todas las áreas de la odontología actual, los estudios de Sileverstone en 1975 que clasifico los tipos de grabados que se dan en la superficie del esmalte grabado, al igual que la técnica de “grabado total” ideada por Fusallama en 1977. Estos avances dieron inicio a la odontología adhesiva y estética, pilar de todos los criterios restauradores modernos junto a la técnica de hibridación presentada por Nakabayashi en 1982. Estos son los grandes avances cualitativos y cuantitativos que han permitido que hoy nos encontremos de manera confiada en una nueva era de la odontología, la era de la adhesión.^{11,12}

Desde estos inicios se han logrado optimizar los procedimientos rehabilitadores, pero el no manejo correcto de los protocolos por parte del clínico, al ser procesos muy sensibles, pueden llevar al fracaso de los procesos restauradores. Clínicamente, hay muchas causas de fracaso de restauraciones realizadas con técnicas adhesivas, como el desprendimiento del bloque restaurador, la microinfiltración marginal, y cambio de color del material restaurador, todo esto se produce por degradación de la interfaz adhesiva, y que finalmente conducirá al fracaso total de la técnica, que como consecuencias dejaran secuelas como sensibilidad post operatoria caries recurrentes, agrietamientos y fracturas del bloque entre otros trastornos.

^{1*} Reconocido como “padre de la odontología adhesiva moderna”, investigador en uso de materiales plásticos para reparar dientes dañados.

Sin embargo a pesar de todo lo dicho anteriormente, el desarrollo de metodologías, procesos y materiales, de las cuales el profesional debe estar perfectamente informado para lograr realizar su tarea clínica diaria de forma exitosa, deben estar basados en el correcto uso del protocolo del grabado ácido sobre los tejidos adherentes ya que estos son las bases de todas las técnicas adhesivas y que esta no sea generalizada sino aplicada por diferenciación y características particulares del esmalte en cuestión, estas medidas más los materiales que se van desarrollando, exigen una atención a todas las novedades que se van generando, ya sea en la forma de preparación de las cavidades, en la forma de acondicionar previamente el tejido, y el uso correcto de los materiales nos darán como resultados restauraciones y procesos adhesivos totalmente confiables.^{13,14}

3.- REVISION DE CONOCIMIENTOS

3.- REVISION DE CONOCIMIENTOS

ESMALTE DENTAL

3.1.- CARACTERISTICAS DEL ESMALTE DENTAL

El esmalte está constituido en un 96% de mineral, en un 1% por material orgánico 3% de agua. El contenido inorgánico del esmalte es la hidroxiapatita, un fosfato de calcio cristalino. La susceptibilidad de estos cristales a ser disuelto por ácidos lo predispone a trastornos como las caries, al mismo tiempo por esa característica permite condiciones para técnicas adhesivas de biomateriales, para sus restauraciones, ya que por ser acelular no es auto reparable. Es un material bastante duro alcanzando 5 en la escala de Mohs.

Su dureza se origina en el elevado contenido de sales minerales y su organización cristalina. Esta misma característica lo hace muy frágil por lo que necesita el apoyo de la dentina para evitar las fracturas. Su grosor varía alcanzando como el máximo de 2.5 a 3 milímetros en las cúspides de molares y premolares, es translúcido y su color está dado por el color de la dentina y su alto grado de transparencia. Es una cubierta protectora de gran dureza, localizada en la superficie de la corona de los órganos dentarios completa, por ser acelular no puede sentir ningún tipo de estímulos térmicos, químicos o mecánicos.

El componente inorgánico que corresponde a cristales de hidroxiapatita, proveniente del depósito de sales minerales cálcicas (fundamentalmente fosfato y carbonato en la matriz del esmalte y su posterior cristalización). Esta matriz mineralizada puede observarse ordenada en forma de prismas o varillas “esmalte prismático”, o también, hallarse sin una forma geométrica determinada “esmalte aprismático”.^{15,16}

3.1.1. Generalidades

El esmalte dental es un tejido conectivo acelular fuertemente mineralizado y que posee alta resistencia. Es una biocerámica, translúcida, birefringente y anisotrópica.

Es una sustancia extracelular mineralizada que contiene más de 95% de apatito carbonatado, una pequeña cantidad (1%) de sustancia orgánica y un 4,5% de agua en peso, procede de un epitelio que envuelve la corona del diente, la cual, una vez que se ha desarrollado, no puede ser remplazada. En su composición química no participa el colágeno. Es la sustancia más dura del organismo.^{15,17}

Su función es proteger la dentina de las acciones abrasivas de la masticación y este a su vez recibe de la dentina flexibilidad que evitan las fracturas por su alto contenido de materia inorgánica, lo que le da gran dureza, pero a la vez aumenta su grado de fragilidad.

La amelogénesis es el proceso de formación y biomineralización del esmalte. Ésta se realiza en dos partes: primero, produce un esmalte parcialmente mineralizado (alrededor del 30%), posteriormente, comienza la segunda etapa con el ingreso de minerales adicionales cuya función es la renovación de la materia orgánica y agua para así lograr el 96% del contenido mineral. Los ameloblastos secretan proteínas de la matriz y son “los responsables de crear y mantener un ambiente extracelular favorable para la deposición de minerales”¹⁵.

3.1.2. Embriología del Esmalte.

La creación del esmalte o amelogénesis ocurre en el estado de corona del desarrollo dentario. Existe un estímulo recíproco entre el momento en que se produce la dentina y la formación del esmalte; la formación de la primera, ocurre necesariamente de manera previa al esmalte.

Por lo general, éste se va creándo en dos etapas: la etapa “secretoras y de maduración” en la primera, la secretora, es donde las proteínas y la matriz orgánica inician su proceso de mineralización; y en la segunda fase, la de maduración es cuando complementa el proceso.

Durante la primera fase es cuando, los ameloblastos producen proteínas del esmalte para lograr fraguar su matriz, la cual es parcialmente mineralizada por la enzima fosfatasa alcalina. Este tejido mineralizado, comienza a aparecer durante el tercer o cuarto mes de embarazo. Posteriormente, los ameloblastos depositan esmalte en las zonas externas, inmediatas a las cúspides. El mismo, prosigue posteriormente, de adentro hacia fuera.

En el curso de la segunda etapa, (la de maduración), los ameloblastos trasladan algunas de las sustancias utilizadas en la primera fase, fuera del esmalte. Así, la función de los ameloblastos es la de transporte de sustancias, que consisten en “las proteínas requeridas para la completa mineralización del diente, como es el caso de la amelogenina, ameloblastina, esmaltina”. Al final de este proceso, el esmalte ya se encuentra totalmente mineralizado.^{15,23}

3.1.2.1. Amelogénesis.

3.1.2.2. Generalidades

La amelogénesis “es el mecanismo de formación del esmalte. Dicho mecanismo comprende dos grandes etapas: 1º) la elaboración de una matriz orgánica extracelular y 2º) la mineralización casi inmediata de la misma que conlleva: a) formación, nucleación y elongación de los cristales y b) eliminación de la matriz orgánica y maduración del cristal. Ambos procesos están íntimamente ligados en el tiempo”.¹⁵

Los ameloblastos pueden diferenciarse a partir del epitelio interno del órgano del esmalte y logran una considerable diferenciación. En dicho desarrollo, es necesaria la presencia de dentina. Por ese motivo, la diferenciación comienza en la zona del extremo cúspide futuro o borde incisal del germen dentario. Siguiendo la dentina su desarrollo, se extiende ahora con orientación a las asas cervicales hasta el momento en que las células del epitelio dental interno de la corona dental se transforman en ameloblastos.

El extremo del asa cervical del órgano del esmalte define el tamaño de la aposición del esmalte, ya que los ameloblastos del epitelio dental interno solo llegan hasta ese nivel.

“Estructural y ultra estructuralmente, el ameloblasto constituye la unidad funcional, dado que es la única célula responsable de la secreción de la matriz orgánica del esmalte”.¹⁵

3.1.2.3. Ciclo vital de los ameloblastos.

Mientras tiene lugar el desarrollo del germen dentario, en los ameloblastos tienen lugar diferentes etapas, que comprenden las modificaciones que desarrollan los componentes celulares desde que las células son totalmente indiferenciadas hasta que, luego de diferenciarse y madurar, logran desaparecer por completo.

Estas distintas fases, tiene la particularidad de presentar modificaciones organizadas, citoquímicas y ultra estructurales que dependen “del estado funcional que poseen las células en relación con los procesos de formación o maduración del esmalte”.

Según Gómez F. Las etapas o períodos “que constituyen el ciclo vital del ameloblasto son las siguientes:

- 1 Etapa morfogenética (preameloblasto).
- 2 Etapa de organización o diferenciación (ameloblasto joven)
- 3 Etapa formativa o de secreción (ameloblasto activo, secretor o maduro)
- 4 Etapa de maduración
- 5 Etapa de protección
- 6 Etapa desmoltica” ¹⁵

3.1.3. Histología del esmalte.

La estructura histológica del esmalte está formada por: la “unidad estructural básica”, “el prisma del esmalte”, y las “unidades estructurales secundarias” que nacen esencialmente a partir de la anterior.

La unidad estructural básica son los prismas del esmalte, que están formados por “cristales de hidroxiapatita”.

Los conjuntos de prismas del esmalte componen el esmalte prismático “que constituye la mayor parte de esta matriz extracelular mineralizada. En la periferia de la corona y en la conexión amelodentinaria (CAD) existe el denominado esmalte aprismático en el que la sustancia adamantina mineralizada no constituye ni configura ninguna estructura geométrica”

A continuación, se analizan, las características estructurales del esmalte prismático o varillar y el esmalte aprismático o avarillar. ^{15,16,22}

3.1.4. Histofisiología

El esmalte posee ciertas particularidades histofisiológicas que lo diferencian del resto de los tejidos dentarios. Conocer estas diferencias de estructura, tanto físicas como químicas resulta fundamental para lograr entender su comportamiento biológico.

Teniendo presente las características especiales del esmalte, es posible realizar una adecuada reparación de las piezas perdidas y prevenir la caries. La actividad biológica esencial en la cual aparece el esmalte es la de brindar apoyo y ser la estructura que llevan a cabo la actividad de la masticación producidas por las contracciones musculares del aparato masticatorio. Las mismas, generalmente, rondan los 50 kg y en algunos sujetos, como, por ejemplo, los esquimales, alcanzan los 150 kg (el motivo es cultural); por otra parte, la mayor fuerza, se lleva a cabo en el primer molar mientras que, la menor en los incisivos, donde la fuerza puede descender hasta 10 kg.

El esmalte, que, como se mencionó, es el tejido más duro, es, además, el más frágil, debido a su alto grado de mineralización, por lo cual, presenta, una gran predisposición a que ocurran macro y microfracturas. “El soporte dentinario subyacente es el que le aporta, además de su sostén, una cierta elasticidad”. ¹⁵

Gracias a su elevado contenido inorgánico, “el esmalte es particularmente vulnerable a la desmineralización provocada por los ácidos elaborados por las bacterias existentes en la placa bacteriana”. ¹⁵

El envejecimiento del esmalte dentario, se caracteriza, desde el punto de vista morfológico, por sufrir un proceso de desgaste progresivo de las regiones que están más expuestas a la función masticatoria, aunque tiene que ver, además, con la clase de alimentación.

Una de las estructuras que generalmente se encuentra más afectadas son las periquimatas que disminuyen de manera creciente, pues prácticamente desaparecen las “líneas de imbricación de Pickerill” que las separan. En relación a las variaciones en la fórmula química

del esmalte, en el envejecimiento se observan datos disidentes relacionados al aumento de la materia inorgánica por el mecanismo de remineralización.

A pesar de ello, es sabido que, en ese momento de la vida, disminuye marcadamente el agua en el esmalte y que el nitrógeno y el flúor se juntan en su superficie. Una modificación, en materia clínica, que se corresponde, generalmente con el envejecimiento es la menor incidencia de caries a medida que avanza la edad. Ello se debe, entre diversas razones, a los hábitos alimenticios (entre otros, por ejemplo, la disminución en el consumo de hidratos de carbono), una mejorada higiene, al aislamiento de las superficies dentarias y con ello, disminuye la probabilidad de desarrollar placas bacterianas y finalmente, a las modificaciones químicas (acumulación de flúor y otros iones minerales) que se desarrollan en la superficie del esmalte con la edad, lo cual ayuda, también, a un menor desarrollo de caries.¹⁵

3.1.5. Biopatología y Consideraciones Clínicas:

Conocer la histología del esmalte y de su histogénesis (amelogénesis) es fundamental para entender la patología que afecta a esta estructura dentaria y a su desarrollo así como para entender sobre qué bases científicas se fundamenta la prevención y el tratamiento que el odontólogo realizará.

“En relación con las alteraciones patológicas y su prevención distinguiremos: a) defectos de formación del esmalte, b) patología neoplásica, c) caries dental d) acción del flúor, e) acción de la función y uso”.^{15,21}

a) Defectos de la amelogénesis: Los motivos que afecten a una correcta formación del esmalte son de origen genético o de origen ambiental, motivado en que, el ameloblasto es muy sensible a cualquier modificación en su entorno. Los defectos pueden perturbar a una pequeña parte solamente del esmalte o, también, a su totalidad. De la misma manera, la alteración puede ser específica, atacando a una o dos piezas o generalizada, afectando a varios dientes o incluso, a toda la dentición. “Los defectos pueden ser, además, simétricos o asimétricos respecto a la línea media de dentición”.^{15,21}

Son dos las complicaciones más corrientes a la que pueden llevar las fallas de la amelogénesis: la “hipoplasia” y la “hipocalcificación”.

Hipoplasia: es provocada por una amelogénesis defectuosa, debido a “la alteración del depósito de matriz orgánica y que se manifiesta por la formación de fositas, surcos o por la ausencia parcial o total de matriz adamantina”.^{15,24,25}

Hipocalcificación: surge como consecuencia de una insuficiencia en el mecanismo de mineralización y su manifestación clínica “consiste en la presencia de manchas opacas en la superficie del esmalte. Entre las causas que dan origen a estas alteraciones se destacan los trastornos sistémicos (nutricionales, endocrinos, virosis, etc.), las agresiones locales (traumas, infecciones del diente primario, etc.), el uso de determinados medicamentos y los trastornos de origen genético representados fundamentalmente por la amelogénesis imperfecta.”^{15,22,24,25}

Entre todos los procesos mencionados, los que arrojan un cuadro febril considerable, como, por ejemplo, la fiebre tifoidea, provocan bandas mal formadas en la superficie del esmalte originadas durante el proceso mencionado. “La administración de tetraciclinas puede originar una banda de pigmentación gris o incluso una pigmentación total de la estructura del esmalte. Ello se debe a la incorporación del antibiótico a los tejidos que se están mineralizando.”^{15,27}

La exposición aguda o permanente, al flúor en dientes que se están desarrollando provoca variaciones importantes en la amelogénesis, puntualmente, en la actividad del “ameloblasto secretor” (por ej., fluorosis dental provocada por exceso de flúor en agua de consumo-más de una parte por millón-).

Aparentemente, el proceso es “la degradación alterada de la amelogenina por las proteasas en la fase de maduración y formación del esmalte. Esto da origen a la retención de la amelogenina y a la formación de áreas de esmalte irregular. Estructuralmente, se observa una capa hipermineralizada externa y una capa hipomineralizada ubicada más internamente en el esmalte”.¹⁵

Función y uso: La pérdida de sustancia dental puede considerarse fisiológica, normal dentro del envejecimiento de los dientes por su función, por algún tipo de hábito, mala oclusión o algún tipo de trastorno sistémico.

No obstante, la inquietud que persiste, es que, “el desgaste de los dientes y más concretamente, la erosión dental, se perfila como una de las condiciones que afectan a un número cada vez mayor de niños y adolescentes en un proceso no relacionado con la edad sino más bien con hábitos alimenticios y trastornos como la bulimia y el estrés”.¹⁵

Atrición: Es un desgaste mecánico debido al contacto entre dientes antagónicos. Este puede ser, horizontal, generalizado, o en las zonas de mayores contactos. El ejemplo más estudiado es el bruxismo.

Abrasión: Desgaste mecánico producido por el contacto entre la superficies dentales y tejidos blandos y/u objetos introducidos en la cavidad bucal. Técnicas de cepillado dental, hábitos de morder objetos como el palillo dental, lápices y bolígrafos hábitos relacionados con el estrés estudiantil.

Erosión: Desgastes químico producido por el contacto excesivo de ácidos con las superficies dentarias. Producidas por dietas ricas en ácidos y pacientes con reflujo gastroesofágico. Se distingue esmalte con brillo aumentado por pulimento excesivo y ausencia de periquimatis, pacientes bulímicos, con dietas ácidas y bebidas gaseosas.²⁴

El esmalte es un tejido especial, que como tal, no posee la facultad de cicatrizar una vez que maduró. Pero puede ser remineralizado mediante técnicas de aplicaciones tópicas de flúor o de pastas dentales fluoradas y con colutorios ricos en flúor, no obstante ser el tejido con más minerales del organismo, aún está en condiciones de ser afectado por las bacterias y desgaste por atrición oclusal. Mediante procesos y productos específicos para tratar las caries y la atrición el esmalte puede ser reparado, remineralizado y restaurar sus funciones. Por su parte, los inconvenientes “mecánicos” del esmalte se logran reparar rápidamente con técnicas restauradoras, pero los genéticos no se comprenden en su totalidad, pero, los tratamientos que se aplican son técnicos o pueden tener relación con la genética del problema dental en particular.

Las actuales investigaciones, logran una mejora de la forma biológica de creación del esmalte y las proteínas intervinientes en dicho crecimiento y maduración. “Los mecanismos precisos implicados en la síntesis secreción y maduración de cristales de esmalte están empezando a esclarecerse, y quizás en el futuro el odontólogo será capaz de utilizar esmalte natural como un agente de restauración”.^{15,19}

3.1.6.- Estructura y composición química del esmalte

Si bien diferentes estudios dan proporciones diferentes, pero no significativas, puede decirse que “El esmalte está constituido químicamente por una matriz orgánica (1-2%), una matriz inorgánica (95%) y agua (3-5%).”^{15,18 20}

Superficie del esmalte.

3.1.6.1 Esmalte superficial

Líneas de Imbricación o periquematos o periquematías: Se definen como “surcos poco profundos en sentido horizontal, más tupidos hacia el cuello y menos hacia oclusal. Corresponden a las estrías de Retzius. El desgaste masticatorio y del cepillo hace que con los años desaparezcan”¹⁵.

Extremos de los Prismas: “entre cada línea de imbricación la superficie no es lisa, sino llena de concavidades, cada una de las cuales corresponde al punto de llegada de un bastón. Otras veces hay áreas de unos 30 micrones de espesor de esmalte aprismático (más común en la dentición temporal y zonas cervicales en dientes permanentes) porque el ameloblasto modifica su forma al llegar a la superficie libre”.¹⁵

3.1.6.2. Esmalte profundo

Es regular; y se interrelacionan con un límite irregular ondulado, que salen de la dentina más allá del límite amelodentinario: no se trata de una zona en la cual los tejidos puedan mostrar una separación lisa y esmalte; dado que la dentina “está formada por células colágenas mineralizadas y los cristales de la dentina quedan integrados con los del esmalte, dejando este límite regular. Este límite les da mejor agarre a las fuerzas laterales. Los cristales de esmalte

quedan todos en la misma dirección (porque la célula no tiene una punta que de la forma prismática de herradura) por lo que, en este límite, en un espesor de 5 micrones, el esmalte es aprismático, de estructura homogénea”.¹⁵

3.1.6.3. Esmalte prismático.

Morfología de los prismas: los prismas “son unas estructuras longitudinales de 4 μ m (micrómetro), de espesor promedio, que se dirigen desde la conexión amelodentinaria hasta la superficie del esmalte”¹⁵.

Respecto a su extensión, es mayor en el propio espesor del esmalte, dado que, el curso de los prismas es sinuoso.

El diámetro “varía entre 4-10 μ m, es menor en su punto de origen y aumenta gradualmente a medida que se acerca a la superficie libre. El número de prismas varía en relación con el tamaño de la corona evaluándose entre 5 y 12 millones”.¹⁵

Composición de los prismas: los prismas, están conformados por una cantidad de “cristales de hidroxiapatita”. Los mismos poseen una orientación clara en su interior. Si se realiza un corte longitudinal podrá observarse que sus ejes mayores están dispuestos en forma paralela al eje del prisma, en la región de la cabeza. En la zona en que se une la cabeza con la cola, se inclinan en relación al eje longitudinal del prisma, de modo que los cristales logran tomar una posición perpendicular (respecto al eje longitudinal del prisma) en la región de la cola.

Esta forma de disposición es consecuencia de la formación del esmalte por parte de los ameloblastos.

La distancia existente entre los cristales, que se ocupa por materia orgánica, nunca es mayor a 2 a 3 μ m. Por ese motivo, los valores de dureza y del módulo de Young son menores (mayor elasticidad) en la cola del prisma que en la cabeza y más aún (mayor elasticidad) en la vaina del prisma. Esto está motivado por la mayor existencia de contenido orgánico en esas zonas.¹⁵

Orientación de los prismas: “la orientación de los prismas en el seno del esmalte es bastante compleja, pues los mismos no siguen una trayectoria rectilínea a través del esmalte, sino que, en algunas zonas, por su recorrido sinuoso, experimentan entrecruzamientos o decusaciones”.¹⁵

“Los prismas, que se dirigen desde la superficie de la dentina hacia la superficie externa del diente, se organizan y disponen en hileras o planos circunferenciales alrededor del eje mayor del diente”.¹⁵

En los anillos circunferenciales de prismas que forman el esmalte, cada diferente prisma presenta un matiz ondulante tanto a la derecha como a la izquierda (en el plano transversal) y hacia arriba y abajo en el plano longitudinal.¹⁵

3.1.6.4. Esmalte aprismático.

Es material adamantino carente de prismas. Se lo puede encontrar en la superficie externa del esmalte prismático y mide 30 µm de espesor. **Está en el 100% de los dientes primarios, situado en la región superficial de la corona** y en un 70% de los dientes permanentes, ubicados en la mayoría de los casos, en las zonas cervicales y en las de fisuras y microfisuras, como así también, pero en menor medida en las superficies cuspídeas.

Aquí, los cristales de hidroxiapatita se disponen paralelos entre sí y perpendiculares a la superficie externa. “Representa un serio inconveniente desde el punto de vista clínico cuando se utiliza el grabado ácido, pues no se logran las microretenciones (al no existir los prismas) **y por ello se aumenta el tiempo de grabado o se elimina el esmalte periférico**”.¹⁵

3.1.6.5. Unidades estructurales secundarias.

Son “aquellas estructuras o variaciones estructurales que se originan a partir de las unidades estructurales primarias como resultado de varios mecanismos: el diferente grado de mineralización, el cambio en el recorrido de los prismas y la interrelación entre el esmalte y la dentina subyacente o la periferia medioambiental”.¹⁵

Por el mecanismo primero, surgen “las estrías de Retzius y los penachos de Linderer”. Por el siguiente, “las bandas de Hunter-Schreger” y el esmalte nudoso y, por el tercero, “la conexión amelodentinaria, los husos adamantinos, las periquimatías, las líneas de imbricación de Pickerill y las fisuras o surcos de esmalte”.¹⁵

Estrías de Retzius: “son estructuras que aparecen en los preparados por desgaste en forma de bandas de color parduzco o castaño con luz transmitida, y claras con luz reflejada. Entre ellas existen intervalos de 20 a 80 μm siendo más numerosas en la región cervical. Existe una estría más sobresaliente que las demás y que coincide con el nacimiento. Dicha estría se denomina línea neonatal (línea de Rushton-Orban)”.¹⁵

Las estrías de Retzius, reciben también el nombre de “líneas incrementales” porque marcan la aparición de capas de tejido mientras se forma la corona. Dichas líneas están relacionadas con la mineralización y, por ende, mostraría regiones menos mineralizadas gracias al reposo. También su origen podría ser la consecuencia de “un retraso en la producción de la matriz o a trastornos en el sitio de mineralización”.¹⁵

Penachos adamantinos o de Linderer: “son estructuras muy semejantes a las microfisuras del esmalte. Se extienden en el tercio interno del esmalte y se despliega desde el límite amelodentinario en forma de arbusto fácilmente observables en cortes transversales mediante técnicas de desgaste con microscopía óptica”.¹⁵

Por lo general, se entiende que estos, se conforman durante el desarrollo por culpa de los bruscos cambios de dirección en grupos de prismas, por la orientación “de algunos ameloblastos en la amelogénesis y a que los penachos están formados básicamente por tejido poco mineralizado, amorfo o granular, rico en proteínas en el esmalte”.¹⁵

Bandas de Hunter-Schreger: “son unas bandas claras y oscuras denominadas respectivamente parazonas y diazonas, de anchura variable y límites imprecisos, que se observan en el esmalte ocupando las cuatro quintas partes más internas del mismo. Se observa en cortes longitudinales por desgaste y con luz incidente polarizada. Se encuentran presentes en todos los dientes permanentes y aun en los que no han completado su formación”.¹⁵

Esmalte nudoso: es una “zona singular y especial del esmalte prismático que se localiza en las regiones de las cúspides dentarias y está formado por una compleja interrelación de prismas o bastones adamantinos. Su origen radica en que los planos circunferenciales de los prismas con sus ondulaciones se interrelacionan íntima y estrechamente entre sí”.¹⁵

Conexión amelodentinaria (CAD): corresponde a la zona de relación entre el esmalte y la dentina y “constituye un nivel estructural decisivo para asegurar la retención firme 19 del esmalte sobre la dentina. Ello es posible porque este límite no es en absoluto un límite rectilíneo, sino que está constituido por concavidades o fosas pequeñas”.¹⁵

Husos adamantinos: son estructuras “con aspecto de clavav irregulares que se encuentran a nivel de la CAD. Corresponden a formaciones tubulares con fondo ciego que alojan en su interior a las prolongaciones de los odontoblastos que discurren por los túbulos dentinarios”.¹⁵

Periquimatías y líneas de imbricación de Pickerill: son formaciones “íntimamente relacionadas con la estría de Retzius por una parte y con la periferia medioambiental por otra. Las líneas de imbricación son surcos poco profundos existentes en la superficie del esmalte, generalmente en la porción cervical de la corona; dichos surcos no son más que estrías de Retzius observadas desde la superficie del esmalte. Entre los surcos, la superficie del esmalte forma unos rodetes, crestas bajas o rebordes transversales denominadas periquimatías”.¹⁵

Fisuras o surcos del esmalte: son “invaginaciones de morfología y profundidad variable que se observan en la superficie del esmalte de premolares y molares. Su origen se debe a una coalescencia incompleta de los lóbulos cuspídeos (centros de morfogénesis coronaria) donde la actividad ameloblástica se desarrolla en forma independiente y luego se sueldan”.¹⁵

3.1.7.- Propiedades físicas.

El esmalte, presenta propiedades físicas que se clasifican como mecánicas y no mecánicas están relacionadas con las respuestas de este, en su función y característica de su formación.¹⁵⁾

3.1.7.1.- Mecánicas:

Dureza: Su resistencia superficial a ser rayado, y deformarse por presiones. Su dureza, responde a cinco en la escala de Mohs (escala que determina dureza, de uno a diez) y que equivale a la apatita. La dureza del esmalte está relacionada directamente con su grado de mineralización.¹⁵⁾

Elasticidad: Es Muy escasa, y guarda relación con la cantidad de agua y de sustancia orgánica que posea. Disminuye a medida que el esmalte pierde agua y sustancias orgánicas en su proceso de maduración por esa razón, es un tejido frágil, tendiente a macro y micro fracturas si no cuenta con apoyo dentinario elástico. “La elasticidad es mayor en la zona del cuello y vaina de los prismas por el mayor contenido de sustancia orgánica”.¹⁵⁾

Permeabilidad: Es extremadamente escasa, actúa como una membrana semipermeable, y selectiva que ayuda la expansión de agua y de ciertos iones que se encuentran en el medio bucal. También se supone, que existen vías submicroscópicas de transporte de moléculas; así, el agua hace de agente transportador de iones en la matriz adamantina.

Este sistema submicroscópico de poros sirve para un primer nivel de prevención, con el aporte de fluoruros por topicaciones, geles o pastas fluoradas.

“Los iones de flúor sustituyen los grupos hidroxilos del cristal de apatita y lo tornan menos soluble a los ácidos, lo que hace más resistente la superficie externa del esmalte al ataque de las caries. El esmalte posee la propiedad de una captación continua de ciertos iones o

moléculas existente en la saliva. Esto solo ocurre en un pequeño espesor de la superficie, mecanismo conocido como remineralización. La propiedad de semipermeabilidad es muy reducida en los dientes viejos.”¹⁵

Grosor: Es la diferencia existente entre la superficie libre y el límite amelodentinario. Dado que no es uniforme, puede variar según los diferentes dientes o zonas de un mismo diente. El espesor disminuye desde el borde incisal y cúspide hacia la región cervical. Los dientes presentan un mayor espesor por vestibular que por palatino o por lingual. “Tanto por vestibular como por palatino o lingual, el espesor mayor se encuentra a nivel mesial. El espesor máximo es de 2 a 2.5mm en molares y premolares protegiendo al diente de las acciones abrasivas de la masticación”.³⁰

Rigidez: Por su gran contenido inorgánico su rigidez es muy alta lo que lo hace muy susceptible a las fracturas y agrietamiento cuando no tiene sostén dentinario. ³⁰

Resistencia a la comprensión: La resistencia es muy baja dado su elevado nivel de mineralización, lo que lo hace más frágil y con tendencia muy alta a las fracturas y poca capacidad de deformación. ³⁰

Solubilidad: La capa superficial es menos soluble, y se va incrementando el nivel de solubilidad en las capas más profundas, no necesariamente, de forma irregular. ³⁰

Peso absoluto y peso específico: el primero “depende del tamaño de la pieza dentaria” y el específico es “de 2,95, siendo el de la apatita de 3,1”. ³⁰

3.1.7.2.-No Mecánicas. Características Ópticas.

Color y transparencia: El color es translúcido, puede ir alternando entre blanco amarillento y blanco grisáceo, pero no es propio del esmalte, sino que depende de las estructuras subyacentes, en especial de la dentina. En las regiones de más espesor puede tener un tono grisáceo (cúspides) y lograr un tono azulado en borde incisal de los dientes jóvenes; cuando se observa más delgado (cervical) luce un color blanco amarillento. Su transparencia y translucidez están relacionada con el grado de mineralización.¹⁵

Brillo: El esmalte dental tiene un alto grado de capacidad para reflejar la luz que se irradia sobre él, lo que le da un alto grado de valor, su brillo superficial es debido al grado de mineralización de su contenido y la regularidad perfectamente pulida de su superficie, este brillo disminuye con el tiempo por uso y el efecto de los ácidos existentes en la boca.²⁸

Luminiscencia: El esmalte dental armoniza dos fenómenos ópticos, fluorescencia y fosforescencia, los mismos son producidos cuando son irradiados con una luz de onda corta.³¹

Radio opacidad: Es muy alta en el esmalte, dado que es la estructura “más radiopaca” del organismo humano dado su elevado nivel de mineralización. “En radiografías dentales aparece como un capuchón blanco y en ellas las zonas afectadas por caries son detectables por tener disminuida la radio opacidad (se observa una radio lucidez de tonalidad gris oscura) debido a la alteración y descalcificación del área afectada”.¹⁵

Reflexión: El grado de reflexión de la luz en el esmalte es alto en las zonas de mayor concentración, como las cúspides de molares y bordes incisales de los dientes anteriores y escasa en el tercio gingival donde su grosor es muy escaso. Y donde domina más la refracción. La presencia de la saliva sobre el esmalte aumenta este fenómeno.²⁸

Refracción: Es la modificación en la dirección que sufre una onda al traspasar de un medio hacia otro con distinto índice de refracción. Esto, puede presentarse en los dientes cuando se incide un haz de luz con varias longitudes de onda, sobre los mismos. Una parte se reflejará, otra, penetrará el esmalte y será absorbido y el resto penetra el esmalte, cambia de dirección y luego regresa al ojo del observador, quien detectará un color diferente al iniciar ya que se redujo la variedad de longitudes de onda.²⁹

“El ángulo de refracción es diferente en cada longitud de onda o color, el color rojo de onda larga, se desvía menos que el violeta que es de onda corta”.²³

Traslucidez: La mayor parte de la coloración de los dientes, es el efecto de la translucidez de la dentina a través del esmalte. Este esmalte es incoloro pero su disposición estructural en los prismas hace que transmita el color de la dentina subyacente.²⁸

Metamerismo: Propiedad que tiene el esmalte de exponer el mismo color ante determinado tipo de luz, pero, cuando ésta varía, el color se hace diferente.²⁸

Opalescencia: Es una variedad de dicroísmo “que se presenta en la piedra ópalo y en los dientes naturales que al tener áreas con translucidez y ser iluminados con una fuente de luz blanca frontalmente, reflejan ésta y se tornan azules, pero cuando son retroiluminados, se tornan amarillos, naranja, rojizos”.²⁸

Fluorescencia: Es una variedad de luminiscencia, que identifica a las sustancias “capaces de absorber energía en forma de radiaciones electromagnéticas y luego emitir parte de esa energía en forma de radiación electromagnética de longitud de onda diferente”.²⁸

El esmalte presenta este fenómeno cuando es irradiado con luz negra.

Deflexión: Cuando se refleja un rayo de luz en un objeto este lo hace con igual ángulo con el que incide, sin embargo, cuando la luz se deflacta lo hace con un ángulo diferente al de incidencia. Una superficie lisa produce mayor reflexión que deflexión del haz de luz, produciendo por lo tanto un valor muy alto en el objeto iluminado. Una superficie irregular dispersa (deflacta) más la luz y por tanto produce un objeto de baja luminosidad. (menor valor) Este fenómeno sobre el esmalte dental sirve para dar imagen en su textura de largo o ancho.²⁹

Carga Eléctrica: por medio de cataforesis, consistente en lograr partículas a partir de la sustancia que se desea analizar, que es afectada por una corriente eléctrica, el esmalte es deshecho y se deja en un medio que posea un PH superior a 3.6 este pulverizado actúa “como una corriente negativa y con uno inferior como una carga positiva”.³⁰

3.2.- EVOLUCION DEL ESMALTE POR LA EDAD, HABITOS Y EL USO

El esmalte es un tejido no vital, altamente remineralizado y no es capaz de remineralizarse, dado que no posee células, porque, los Ameloblastos desaparecen con la maduración del esmalte. Con el uso, la edad y la interacción de los ácidos el tejido se desgasta de manera progresiva en zonas donde se presta la atrición masticatoria. Estas formas de desgaste son más pronunciadas en personas con mayor edad y pueden alcanzar en muchos casos la mayor parte de la corona, donde esta, prácticamente desaparece por el efecto de erosión. Este

efecto se puede observar en las zonas oclúsales e incísales o sea en la zona de mayor actividad masticatoria.^{15,32,33}

El esmalte va tornándose menos permeable. Si es joven actúa semejante a una membrana semipermeable, lo cual admite el paso de agua y iones de flúor que permiten su mineralización a través de los espacios entre los cristales.

Con el transcurso del tiempo, estos espacios son menores y los cristales aumentan su tamaño gracias a la adición de iones mineralizados y disminuye el agua y el contenido orgánico con la edad.¹⁵

Los cambios por la edad en el color de los dientes, se hacen más oscuros por factores relacionados con la edad, hay tres principales factores que determinan estos cambios.

- a) Los elementos orgánicos que se agregan a la región externa del esmalte.
- b) La pérdida de volumen en el grosor del esmalte.
- c) oscurecimiento de la dentina por mayor mineralización.

Las modificaciones en transformación de su capa superficial son muy importantes y son responsables de gran cantidad de los cambios que acontecen en las profundidades de este tejido.

Con el transcurso de los años, la composición de la capa superficial se modifica con relación al cambio iónico con el medio bucal. “Lo que provoca que se acumule mayor cantidad de fluoruro y de nitrógeno en las capas superficiales del esmalte adulto mayor”.^{15,34}

Los cambios iónicos fisicoquímicos en el esmalte superficial causados por la disolución y re precipitación de iones permanecen para siempre, durante la vida de una pieza. Un intercambio químico post eruptivo relevante, trae un aumento en la concentración de fluoruros y una disminución de carbonato en la superficie. Toda la superficie del esmalte muestra, además, más y mayor densidad de concentración de sales minerales que las capas más profundas, lo que trae como consecuencia, que dicha superficie natural sea más resistente al ataque ácido.³⁵

También hay modificaciones a la permeabilidad, que hacen que el tejido sea menos permeable cada vez. El esmalte joven se convierte en una membrana semipermeable, por lo cual el paso

del agua y sustancias moleculares pequeñas pueden pasar, a través de los espacios que existen en los cristales. Con la edad los mismos reducen su tamaño, mientras que los cristales lo aumentan por la adición de iones, y, en consecuencia, también disminuye el contenido acuoso y orgánico. La permeabilidad permite el intercambio iónico, que como hemos dicho varía según la edad.^{36,37,38}

- Joven: El esmalte inmaduro es notable por sus procesos de intercambios activo. La difusión de iones es proporcionada por el esmalte y la presencia de una capa de hidratación significativa.
- Adulto: El esmalte adulto tiene pequeños espacios intercristalinos y, en este sentido, está mal adaptado para el intercambio iónico para darse la remineralización. Es un criterio importante para la caries dental, la evaluación de la resistencia y el proceso de remineralización del esmalte.
- Viejo: El esmalte maduro está cubierto mayormente de flúor en su superficie lo que lo hace más resistente al efecto del grabado ácido, aunque es en esta etapa que tiene el menor grosor en su capa superficial.

Las modificaciones que ocurren en la naturaleza de la capa superficial son los responsables de la mayoría de las modificaciones que ocurren en este tejido. A medida que avanza la edad, la forma en que está compuesta la capa superficial se modifica, con relación al “cambio iónico con el medio bucal”.^{39,40}

Los cambios iónicos fisoquímicos en el esmalte superficial que se producen debido a la disolución y precipitación de iones es constante en todo el transcurso de vida de un diente. Un cambio químico importante después de la erupción tiene como resultado un aumento de concentración de fluoruros y una disminución de carbonato.

“La superficie del esmalte presenta a su vez, una concentración mayor y más densa de sales minerales que las capas más profundas, lo que hace que esta capa de esmalte sea más resistente ante un ataque ácido”.^{41,42}

Con la edad, esa diferencia en la concentración de elementos entre superficie y subsuperficie se incrementa y se estabiliza y pasa a formar parte del proceso de maduración química post eruptiva. La concentración de calcio, flúor, zinc, silicio, estaño, hierro, y plomo es mayor en las

capas superficiales del esmalte, en cambio las de carbonato, magnesio y sodio en las capas más internas de este. Así mismo, la concentración de material orgánico aumenta progresivamente al acercarse a la unión amelodentinaria.

El flúor, la gran mayoría se adquiere en estados pre eruptivos, y una cantidad importante en la maduración post eruptiva, y alcanza el máximo “valor de cristalinidad mucho después de la maduración, sobre todo en la superficie del esmalte, ya que a medida que aumenta la cantidad de flúor este es incapaz de difundir a zonas más profundas”.^{43,44,45,46} Más concretamente, se pueden dar cambios significativos en diferentes rangos de edades:

- El grupo de edad de 7 a 21 años: se caracteriza por un marcado macrorelieve de la superficie del diente, que a menudo parece estar festoneado. La ondulación regular del esmalte formado por las líneas de Retzius también es típico.
- Los dientes del grupo de edad media 22 a 59 años: son notables por un relieve menos marcado de la superficie del esmalte en comparación al de los niños. A los 21 años, las líneas de Retzius se convierten, se borran y pueden permanecer solamente en la zona cervical. Luego todas ellas desaparecen en las superficies oclúales de los dientes por desgastes.
- En el grupo de más de 60 años: los dientes se caracterizan por un desgaste importante de cúspides dentales y bordes incisales. En la superficie del esmalte intacto, se observa un número significativo de arañazos, fisuras y grietas. Tiras y arañazos cruzan el diente en diferentes direcciones. Las grietas se encuentran a menudo en la superficie vestibular en paralelo al eje del diente vertical. Normalmente están llenos de sustancias amorfa.^{47,48,49,50,51}

3.2.1. Topografía Normal Del Esmalte.

La superficie del esmalte dental se va modificando a medida que transcurren los años. En los “dientes jóvenes” es fácil de observar, la existencia de periquematías con formas de pequeños agujeros en la superficie dentaria, mientras que, en un “diente adulto” que ha sufrido por culpa de abrasivos externos, como, por ejemplo, el cepillado, se reemplaza estos periquematías “por un patrón rayado e incluso pueden observarse grietas, en el esmalte viejo está cubierto de fluorhidroxiapatita”.^{52,53}

3.2.2. Proceso de la evolución cronológica superficial del esmalte dental

Se define como los períodos que se suceden desde que aparecen los primeros dientes permanente clínicamente en boca, niñez, adolescencia, pubertad, juventud, adulto y adulto mayor hasta el período de senitud con los cambios propios de cada etapa a través de su vida útil, por uso, hábitos y técnicas que influyen en su superficie de distintas maneras.^{54,55}

-Superficie joven: se protege con la membrana de Nasmith, cuando esta desaparece se da la mayor fase de intercambio de iones entre el esmalte y el medio bucal, ya que en este momento presenta el esmalte su mayor grado de permeabilidad, y como el esmalte es incapaz de regenerarse comienzan los procesos de remineralización, por intercambios de iones, esto



se da por su semi permeabilidad con el medio bucal, colutorios de flúor, dentífricos y alimentos con flúor. En esta etapa se encuentra el mayor volumen de esmalte en los dientes.

Foto 1 Esmalte Joven

-Superficie adulta: comienza el proceso de pérdida superficial del esmalte, disminuye el grosor de los periquimatis y laminillas, estos a su vez son sustituidos por ralladuras, a causa del uso, hábitos y los ácidos del medio bucal, y aparece el biofil adquirido (placa bacteriana) que debilita la superficie y la predispone a la carie, siendo esta etapa de la superficie del



esmalte donde más se afecta por los efectos de la técnica del grabado ácido. Disminuye el grosor y volumen, y está expuesto a la influencia de los ácidos bucales y jugos gástrico.

Foto 2 Esmalte Adulto

Adulto mayor: la capa superficial se disminuye drásticamente y se sustituye casi totalmente por flúor elemento que compensa las pérdidas sufridas en su superficie por efecto de la atrición, abrasión y la erosión, es altamente resistente al efecto de la técnica de grabado ácido y la adhesión solo se puede realizar en la capa profunda por medio de la unión a los iones de carbonos que está en esta capa. Ya que, por los efectos de uso, hábitos, técnicas de cepillados y ácidos bucales se pierde gran cantidad de las coronas clínicas y en algunos casos estas

desaparecen completamente. El esmalte intacto se cubre de fluorhidroxiapatita, una sustancia considerablemente menos soluble a los ácidos.

Foto 3 Esmalte Adulto Mayor



Flúor: El fluoruro se encuentra en el esmalte a modo de cristales de apatita, donde el ion no es liberado salvo que el cristal se disuelva o elimine debido al deterioro. Esta superficie presenta una gran resistencia al efecto del grabado

ácido ya que está cubierta por fluorhidroxiapatita en toda su superficie.⁵⁶

3.3.- DIFERENCIAS ENTRE EL ESMALTE PRIMARIO Y PERMANENTE

Si bien el progreso de un diente primario y un diente permanente es parejo, por poseer tiempos embriológicamente distintos, presentan particularidades adamantinas desiguales.

Los dientes primarios inician su formación, iniciadas las semanas de vida intrauterina. Los permanentes posteriores al nacimiento. Por ello, es que el ameloblasto del diente primario forma un esmalte menos grueso y de inferior calidad en su calcificación, que posee más material orgánico y más agua que los permanentes.

La vida de los dientes primarios comprende aproximadamente, 8 años y seis meses los cuales se dividen en tres períodos:

“a) Desarrollo de corona y raíz (1 año); b) Maduración radicular (3 años 8 meses); c) Resorción radicular (3 años 6 meses). Los dientes permanentes tienen una vida de 7 a 8 veces más que los primarios. El desarrollo de estos últimos es de 12 años, que equivale a 3 veces más que los primarios”.^{57,58,59,60}

Algunos autores entienden que tanto los dientes primarios como los dientes permanentes “son similares en cuanto al esmalte en su estructura superficial, con excepción de algunas zonas con esmalte prismático”.^{61,62}

Se ha estudiado que “en muchas de estas superficies esta capa es de unos 30-100 μm , y su grosor crece desde los incisivos hasta los molares pasando por los caninos. Sin embargo, es importante apuntar que el esmalte de los dientes primarios tiene un mayor contenido de material orgánico, así como la mitad de grosor que el de los dientes permanentes”.^{63,64}

Las piezas dentarias primarias puestas ante un microscopio muestran líneas conocidas como “de Retzius”, que se detectan, mayormente, en dientes primarios (trauma del nacimiento). Por otra parte, estos, son más blancos en su esmalte, gracias a una formación prenatal y por no haber sido expuestos a agentes externos.

Un prisma del esmalte en un diente primario tiene un grosor de 4 μm y una longitud de 50 μm , la mitad del diente permanente, debido al escaso período de Amelogénesis de la dentición primaria si se la compara con la permanente.

“La experiencia clínica nos ha enseñado que en la dentición temporal la retención de restauraciones adhesivas y selladores es menor que en la permanente. Esto se puede explicar por las diferencias en la estructura del esmalte”^{65,66}

No obstante, se ha determinado que, el esmalte aprismático no es regular, sino su formación es excepcional, y que, analizando detalladamente, el mismo se observa en las capas más profundas, con cantidad variable de prismas y colocadas de manera no regular. Los que se observan en la zona más superficial de 50 μm se ven ligeramente inclinadas y paralelas a la superficie, resultando una estructura del esmalte de tipo laminar.

En la zona de las cúspides dentarias, los prismas se disponen helicoidalmente y terminan en paralelo a la superficie.

En el tercio gingival van desde la unión amelodentinaria en dirección oclusal en el caso de los dientes primarios, mientras que en los permanentes tienden a ir hacia cervical.

En las piezas permanentes, las sales minerales simbolizan el 92% del volumen dental, y en las piezas primarias el 86-88%.

En los dientes permanentes, el volumen poroso es de 0.1 al 0.2% y del 1 al 5% en los molares deciduos; lo que demuestra que existen diferencias en las proteínas (amelogenina hidrofóbica rica en prolina y una fosfoproteína ácida glucosilada llamada enamelina) segregadas en la

matriz por el ameloblasto entre una pieza dentaria primaria y una pieza permanente. La posibilidad de eliminar y suplantar proteínas por material calcificado no es la misma en las dos denticiones.^{67,68}

3.3.1. Cutícula del esmalte

Cutícula primaria o membrana de Nasmith: Es una película orgánica que se forma en toda la superficie del esmalte; mide solo algunos micrones de grosor. “Esta capa de glucoproteínas es secretada por las propias células formadoras del esmalte. Esta cutícula se pierde rápidamente con el roce de la masticación, durando más en aquellos lugares menos expuestos al roce”.

Cuando desaparece esta cutícula, se forma, por sobre el esmalte una película orgánica, que recibe el nombre de “cutícula secundaria”, que no es producto de células, sino de diversos elementos que se encuentran en la saliva y en los alimentos. Es en esta película donde los gérmenes se asientan y la colonizan, dando lugar a la formación de placa bacteriana, quien, tiempo después, será la causante de la desmineralización del esmalte.^{69,70}

3.4.- ADHESIÓN AL ESMALTE.

La adhesión a los tejidos dentarios, afecta tanto al esmalte como a la dentina. El esmalte, que, como se dijo, es un tejido altamente calcificado y con una alta proporción de materia inorgánica, que provoca que posea una elevada energía superficial.

Así, se considera la zona virgen del esmalte como un mal substrato para la adhesión, por estar cubierto por una capa orgánica, cutícula y placa bacteriana, todo, de mínima energía superficial, lo cual, sumado a la existencia de la capa aprismática en el esmalte, exige prescindir de la misma cuando se intenta aplicar una técnica adhesiva. Así, al exhibir la capa sub superficial del esmalte con su estructura prismática, e intentar aplicarle, un ácido fuerte, este solubilizará los prismas con diversa intensidad, formando una superficie microretentiva perfecta para lograr adhesión.

De acuerdo con lo antes dicho, el esmalte “es una superficie ideal para adherir mediante un mecanismo micromecánico; también funcionara en los adhesivos que tengan unión química al calcio”. ^{71,72,73,74,75}

3.4.1. Concepto de Adhesión.

Se define como una interacción entre dos materiales en una interface donde ambos interactúan o están en contacto. La naturaleza de la interacción es tal que previene su separación. Se reconoce de gran importancia la propiedad de la adhesión en los materiales restauradores, cementos dentales y selladores de fosas y fisuras. En cada caso el objetivo consiste en producir un sellado hermético entre la estructura de los dientes y el producto restaurador con mínima destrucción del tejido dentario. ^{76,77}

Se destaca sobre el concepto de adhesión, la definición que la Sociedad Americana de Materiales formula en base a dos puntos de vistas. En primer lugar, define la adhesión “como fenómeno y también como material. Como fenómeno se trata del estado en que dos superficies se mantienen unidas por fuerzas interfaciales; tanto químicas, mecánicas o la combinación de ambos tipos. Lo que refiere a material, se entiende como sustancia que es capaz de mantener diferentes materiales juntos mediante una unión superficial”. ⁷⁸

Los materiales que pueden unir dos superficies se llaman “adhesivos”, mientras que el material al que se aplica el adhesivo se denomina “adherente”. En odontología, un adhesivo puede, por lo general, ser requerido para unir el esmalte, la dentina, el oro, porcelana, cerámica, etc., o si el adhesivo también actúa como material restaurador, simplemente puede ser requerido para adherir una sola superficie, por ejemplo, el esmalte o la dentina. Lo que representa una situación ideal en la que el material restaurador posee características adhesivas inherentes que permite la adhesión a la dentina. Este ideal no es siempre posible obtener y los adhesivos dentales se utilizan normalmente para formar una delgada capa entre la estructura dentaria y el material restaurador. ^{79,80,81,82}

La unión recibe el nombre de “adhesión”, cuando se atraen diferentes moléculas y se llama “cohesión”, cuando se atraen moléculas de la misma clase. Por otra parte, la adhesión puede ser micromecánica, que ocurre si las partes involucradas continúan en contacto debido a que

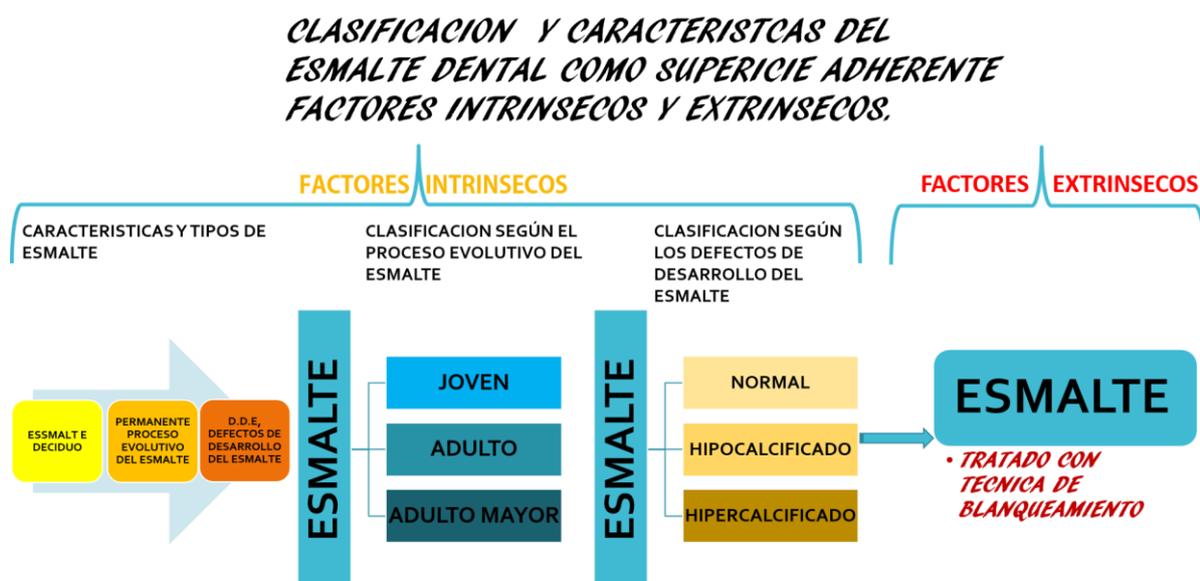
se logró que una de ellas penetre en las irregularidades que presenta la superficie de la otra. La adhesión, además, puede ser química, y ocurre cuando las partes se mantienen en contacto por la fuerza lograda por uniones químicas entre ambas superficies. Estas uniones serán primarias o fuertes (iónicas y covalentes) y secundarias o débiles (“uniones por puentes de hidrogeno, interacciones por dipolos y fuerzas de van del Waals”) ^{83,84}

Los métodos de adhesión en los procedimientos adhesivos odontológicos no son del todo bien conocidos y siempre se encuentran diferencias entre los distintos procesos básicos de adhesión. Aun así, ambos tipos de adhesión son compatibles y pueden darse simultáneamente.⁸⁵

3.4.1.1. Fundamentos de adhesión a los tejidos dentarios

Toda reparación, suele implicar como esencia a uno o más tejidos dentarios: esmalte, dentina, cemento; que son estructural e histológicamente distintos.⁸⁶

Diagrama 1 Clasificación y características del esmalte dental como superficie adherente factores intrínsecos y extrínsecos



3.4.1.2. Sustratos histológicos para la Adhesión.

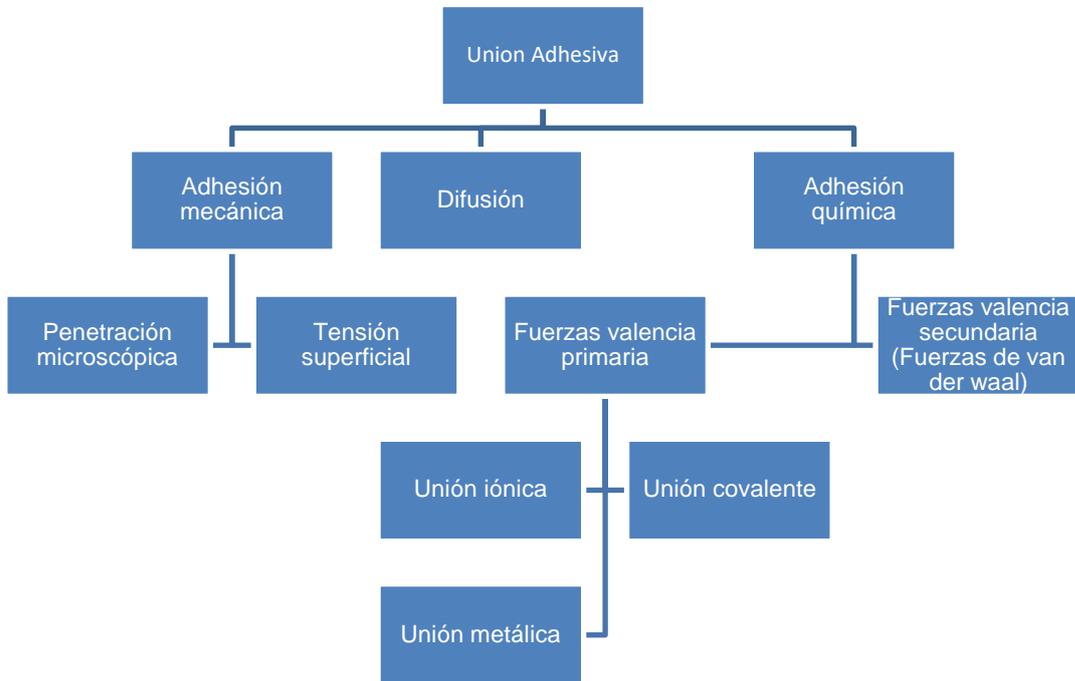
3.4.1.3. Mecanismos adhesivos.

La adhesión puede ser obtenida por uno o dos mecanismos; unión mecánica o adhesión química (ver diagrama 2).

En la unión mecánica, el adhesivo penetra los socavados o irregularidades de la superficie del adherente. Cuando estas irregularidades de superficie responsables de la adhesión tienen solo algunas micras, el proceso se conoce como adhesión micromecánica. Esta unión se podría distinguir de la unión macromecánica, la cual constituye la base de retención para muchos materiales de restauración, con mínimas cavidades. En el caso de la adhesión química, “el adhesivo tiene una afinidad química con la superficie del adherente. Si la atracción es producida por fuerzas de Van der Waals o puentes de hidrógeno, la adhesión resultante podría ser relativamente débil”. Por otro lado, la formación de enlaces iónicos o covalente puede resultar en una adhesión fuerte.^{87,88}

Independientemente del mecanismo de unión que se utilice, el adhesivo elegido debe ser capaz de mojar la superficie adherente. En el caso de la unión mecánica el adhesivo debe fluir fácilmente a través de la superficie adherente y penetrar todos los socavados e irregularidades de la superficie para formar la unión. Para la adhesión química, el adhesivo debe mojar la superficie adherente con el fin de establecer un íntimo contacto entre el adhesivo y el adherente que pueda dar lugar a un enlace específico para el logro de la adhesión.^{89,90}

Diagrama 2 Clasificación de los mecanismos adhesivos (O'Brien)



Clasificación de los mecanismos adhesivos (O'Brien) ⁹¹

La facultad de un adhesivo para mojar una superficie adherente se evalúa calculando el ángulo de contacto que se logra cuando una gota de adhesivo se aplica a la superficie. En ese sentido, se señala que, para una buena humectación del adhesivo, se debe establecer un ángulo de contacto bajo, aunque el ideal sería acercarse a 0°. Así, ángulos de contactos altos indican pobre humectación o mojado y probablemente darían lugar a una mala adhesión. ^{92,93, 94}

Otro aspecto de gran importancia lo constituye la tensión superficial del adhesivo, la cual se define como la propiedad que lo mantiene en forma de gota y actúa para evitar que se moje. Por lo que debe haber suficiente energía liberada a través de las fuerzas de atracción entre el adhesivo y el adherente, a fin de romper la tensión superficial del adhesivo y permitir que los materiales establezcan un íntimo contacto. Esta afinidad, que constituye un prerrequisito para la adhesión, ha planteado un gran dilema a los investigadores, ya que la mayoría de las resinas utilizadas como materiales restauradores son relativamente hidrofóbicas, mientras que la

dentina y el esmalte son relativamente húmedos. Esto implica que habrá poca afinidad natural entre los dos materiales que se pretende unir. El desarrollo de los imprimadores (primer) ha contribuido a resolver el problema. Estos materiales modifican la naturaleza de la superficie adherente y mejoran la afinidad para las resinas utilizadas en los materiales restauradores.

95,96

Las fuerzas adhesivas aumentan si el adhesivo y el adherente están en íntimo contacto sobre una gran superficie. Generalmente, se requiere la aplicación de los adhesivos al adherente en forma de fluido de baja viscosidad o pasta. El carácter rígido de los materiales, dicta que a menos que las dos superficies sean totalmente planas, ellas entran en contacto solo en una muy pequeña proporción de su superficie y el área real de contacto es sólo una fracción de la superficie aparente de contacto. Por lo tanto, aunque las interacciones entre las dos superficies pueden ser favorables, la fuerza adhesiva es poco probable que sea lo suficientemente grande como para mantener el adhesivo y el adherente en contacto en presencia incluso del desplazamiento de una fuerza pequeña. Si el adhesivo es fluido, pero no moja suficientemente la superficie adherente, la situación no puede ser mucho mejor. La situación ideal, consiste en lograr que el adhesivo moje completamente la superficie adherente, lo que permita que el área real de contacto sea mayor que el área aparente.^{97,98}

Se reconoce que una buena adhesión entre el material restructor y la dentadura es deseable, aunque no siempre posible. Como tal, una adhesión efectiva sella los márgenes, lo que previene el ingreso de fluidos y bacterias. Además, el adhesivo reduce potencialmente la preparación de la cavidad para lograr la retención necesaria mediante la conservación del tejido sano.^{99,100,101}

La adhesión a esmalte depende totalmente del grabado ácido de su superficie, que varía de una superficie suave y lisa hacia una superficie irregular, que hace que se incremente su energía superficial. De esta manera, una resina fluida de alta tensión superficial con baja viscosidad puede lograr mojar la superficie con alta energía para luego ser ubicada dentro de los microporosidades, por la detracción en las irregularidades creadas.

“Mediante el proceso de auto o fotopolimerización se forman los tags de resinas que son los responsables de la retención a la superficie del esmalte a través, de una fuerte trabazón micro mecánica y reológica con el esmalte”.^{102,103}

En la actualidad, el ácido que se utiliza es el “ácido ortofosfórico” (H₃PO₄) al 37%, compatible con la composición del esmalte, lo cual no ocurre con otros ácidos que resultan muy reactivos, como el sulfúrico o el clorhídrico, o resultan apenas reactivos como el ácido cítrico o el láctico.

“El ácido ortofosfórico actúa sobre la hidroxiapatita del esmalte, extrayendo calcio, que pasa a formar parte de la solución”.¹⁰⁴ La concentración de este ácido que se utiliza actualmente, está entre un 30 al 40% siendo la más generalizada la del 37% y utilizada, dado que se ha detectado que, mayores concentraciones terminan obteniendo una formación inferior, de micro poros y menos profundidad de grabado, y concentraciones menores, incrementando la velocidad de formación de los mismos.^{105,106}

El período de tiempo de aplicación del ácido está generalizado y estandarizado en 15 segundos. No se aconseja que sea muy largo dado que, la reacción es auto limitante y se puede producir un re precipitación de fosfato de calcio sobre el esmalte, lo que obstruye los poros generados y limita la posibilidad de unión.

Retirar esta capa de sales precipitadas es complicado, lo cual acarrea inconvenientes en la adhesión de un material restaurador. El ácido, entonces, se debe extraer, procediendo a lavar con agua durante un período de tiempo igual o mayor al que estuvo aplicado el ácido, con una fuerte aplicación para lograr quitar todas las sobras que hubiera entre los poros, de ácido y sales de calcio disueltas en el líquido, debido a, más que por eliminación directa, el ácido se descarta gracias a diluir el mismo, desde el fondo de las grietas en las que se encuentra.

“La presencia de ácido o restos de sales de fosfato contaminará la superficie e irá en desmedro de una efectiva adhesión. Una vez lavada la superficie se debe realizar un completo secado de esta, ya que un mínimo de humedad en ella impedirá el contacto real buscado”^{107,108}

El mencionado proceso, realizado sobre la superficie del esmalte, aumentó “el tiempo de duración de la adhesión bajo las condiciones de humedad que posee el medio bucal”.¹⁰⁹ Por medio de estos procedimientos, se obtiene un esmalte con una superficie limpia, sin la existencia de contaminantes, completa de poros o grietas con una profundidad entre 10 a 70um, de apariencia opaca, que permite:

- “Aumentar macroscópicamente la superficie total de esmalte capaz de adherirse, ya que las grietas y surcos formados aumentan la cantidad de esmalte expuesto.

- Liberar toda la potencialidad de la energía superficial del esmalte.
- La formación de micro cavidades retentivas en la superficie adamantina. La adhesión que se alcanza es suficientemente eficaz en términos de resistencia adhesiva como para asegurar el sellado marginal de la restauración y la integración material-diente que se quiere lograr". ^{110,111}

3.4.2. Evolución de la Adhesión al Esmalte

La adhesión de polímeros a la superficie del esmalte se consiguió, principalmente, de una mecánica, lograda por la interacción de distintos ácidos en diferentes tiempos y concentraciones, donde el principio fundamental es lograr remover los cristales y crear una superficie irregular.

Estudios realizados por W. Rock en 1947 probaron, sin suerte, diversos ácidos, con el objetivo de lograr más retención en superficies oclúsales. El fracaso no se debió al ácido *per-se*, sino por los materiales que se utilizaron en la adhesión. (50) En 1949 el Dr. Oscar Hagger un químico suizo que trabajaba para Trey/Amalgamated Dental Company presentó la primera patente para un adhesivo dental. En 1952 fue postulado por Mclean y Kramer el material "Sevriton Cavity Seal" material químico capaz de unirse a las estructuras dentales. Este fue el primer reporte de cambio de promover el uso de un ácido y monómero en dentina y principalmente considerado el precursor del concepto de capa híbrida.

De acuerdo con los análisis de los diversos ácidos iniciados por Rock el Dr. M. Buonocore ocho años después (1955) "encuentra la máxima efectividad para la adhesión con el ácido fosfórico" (H₃PO₄). ¹¹²

En 1962 Bowen introdujo Bis-GMA resina basada en una molécula expósica. En 1965 Bowen presentó un monómero que activa la superficie del esmalte para poder facilitar la unión de resina al diente usando un monómero reactivo que pueda quelar con el calcio.

Otro aporte al desarrollo del tema fue el en 1972 Oshawa T., quien se dedicó a estudiar concentraciones de ácidos diversos, para intentar disolver el esmalte en la preparación de selladores preventivos, arribando a la conclusión que el ácido ideal, es el fosfórico en una concentración entre 30 y 40%. ^{113,114}

Quien primero reconoció el patrón y la calidad de grabado del esmalte es Silverstone LM., en 1975 cuando “junto a sus colaboradores encuentran tres patrones diferentes: el tipo I (eliminación de los cristales del prisma) y II (eliminación de los cristales de la sustancia interprismática) ofrecen mayor retención que el tipo III (sin una remoción de cristales específica)”. ^{115,116}

El tiempo es también un elemento determinante. La búsqueda por reducir la exposición de los ácidos logrando que el esmalte no se deteriore, ha sido motivo de investigaciones como las de Van Hassel HJ y cols. ¹¹⁷

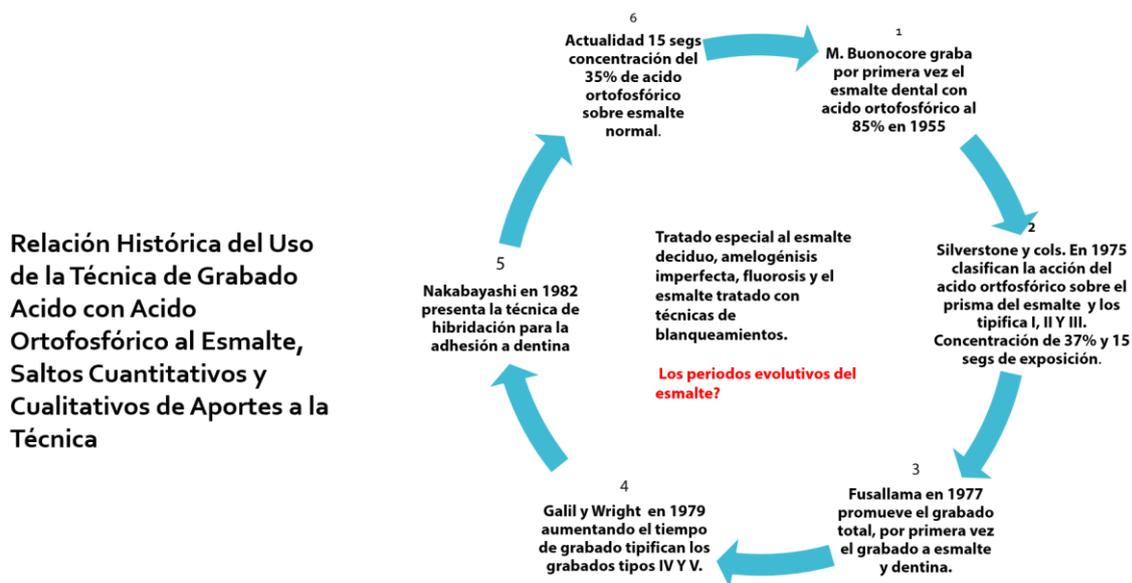
Cuando se logró disminuir el tiempo en el grabado, se detectó que, mientras los dientes permanentes eran grabados por un minuto, los primarios necesitaban una cantidad doble de tiempo debido a su supuesta arquitectura.

Estudios realizados por Eidelman E. determinan que “la exposición del ácido al esmalte por 20 segundos es suficiente para retener los materiales sin encontrar diferencias clínicas significativas con los tiempos convencionales de su momento”. ^{118,119}

En 1977 Fusallama et al, introdujo una técnica de grabado ácido para ambos tejidos, esmalte y dentina y para todas las paredes de la cavidad usando ácido fosfórico al 40%.

La clínica ha dejado de lado que el esmalte no es un tejido 100% calcificado, donde, gracias a un procedimiento de formación, se han dejado inmersos rastros de proteínas (amelogeninas, enamelinas y otras). Las proteínas propias del esmalte más el agregado de las que surgen como adquirida o de desarrollo, actúan, bajo condiciones naturales, como un sistema de protección contra los ácidos orgánicos de algunos microorganismos, porque el material orgánico no los afecta, no obstante, si se desea grabar una superficie, el material orgánico actúa como un freno en la disolución de los prismas, reduciendo la efectividad en la adhesión de los materiales resinosos. Y esto no podemos ignorarlo pues hoy estamos en la edad de la odontología adhesiva donde los métodos mecánicos de retención han sido reemplazados por métodos adhesivos de conservación dentarias. ^{120,121,122}

Diagrama 3 de la Relación Histórica del grabado con Ácido Ortofosfórico sobre el Esmalte



3.5.- GRABADO ACIDO DEL ESMALTE

“La adhesión de los composites de resina deriva de las técnicas de grabado ácido desarrolladas por Buonocore. El esmalte es primero grabado, generando un patrón determinado dependiendo de la concentración del ácido, su pH y del tiempo de aplicación, para ser posteriormente aplicado sobre este el material adhesivo. Así la resina penetra dentro del área grabada formando los denominados tags que son extensiones responsables del efecto de micro retención”. ^{123,124,125}

Este procedimiento logra una remoción de 10 µm de la superficie del esmalte, formando una capa de microporos de 5 a 50 µm de profundidad. ¹²⁶

La finalidad que se busca con el grabado ácido es convertir una superficie suave en una irregular y aumentar su energía superficial (al diluir el esmalte), admite prescindir la placa dentaria, duplicando su energía libre. Por dicho motivo se concluye que, si un sistema, que presenta una resina de baja viscosidad, logra mojar de mejor manera una superficie, esta es llevada dentro de las micro porosidades por efecto de capilaridad, lo que se denomina activación del sustrato. ^{127,128}

Así se pensó que, los sistemas que son más viscosos deberían ser más dificultoso de infiltrarles el sustrato y resultando adhesiones más pobres, pero se comprobó que no existen significativas diferencias entre las resinas de alta viscosidad o de baja viscosidad en lo que respecta a adaptación y penetración de las profundidades conseguidas en el esmalte grabado.

129,130

Existen, además, otros métodos de adhesión que presentan un relleno de partículas, formando una zona intermedia flexible, que parece lograr una absorción favorable de stress generado por la contracción de polimerización, absorción de agua y fuerzas colosales.

Otros análisis llevados a cabo, concluyen que estos sistemas adhesivos que utilizan partículas muestran una disminución en la capacidad de adhesión sobre el esmalte, tal vez por el supuesto incremento en la viscosidad del sistema y, por lo tanto, son incapaces de penetrar de forma más profunda en el área interprismática en comparación con otros sistemas adhesivos sin relleno. ¹³¹

La dirección donde se localizan los prismas que brindan patrones diferentes de grabado, de algún modo influirá sobre la adhesión y por ende en el sector de la corona a tratar. ¹³²

De este modo, se ha observado que, cuando el análisis se hace de manera paralela a la orientación de los prismas, los resultados son mayores a los logrados cuando estos se presentan en forma perpendicular, así en el estudio de Giannini en 2004, arroja valores promedios de 42.2 Mpa cuando es paralelo y de 11.5 cuando es perpendicular. ^{133,134}

3.5.1. Definición conceptual

Ácido grabador: actúa desmineralizando el esmalte dental y creando micro poros que permiten una mayor adhesión entre el sustrato receptor [esmalte dental] y los materiales restauradores o cementantes. ¹³⁵

3.5.2. Importancia del grabado ácido

El procedimiento químico del esmalte llevado a cabo con ácidos provoca que se modifique la superficie del esmalte, de lisa, brillante y pulida a opaca y microporosa. Esto, dió como

consecuencia que se logre un aumento en la adhesión entre la superficie del esmalte tratado y las resinas. Esto lo descubre en el año 1955, Buonocore, quien logró demostrar la mejora en la adhesión de las resinas acrílicas al esmalte cuando se trata con ácido ortofosfórico (H₃PO₄).
136,137

La superficie del esmalte de aspecto cristalino y translúcido normal con baja energía superficial es alterada por el grabado del esmalte.

Si la superficie del esmalte se modifica a un tono blanquecino opaco parejo y muestra una alta energía superficial, es la señal de que el esmalte ha sido adecuadamente tratado.

En todo procedimiento clínico normal de grabado del esmalte se propone comenzar con el pulido de la superficie del esmalte, con la finalidad de sacar todos los materiales orgánicos que pudieran hallarse en la superficie. No obstante, a pesar del esfuerzo es posible que no pueda removerse totalmente, sin tener en cuenta las proteínas contenidas entre los cristales propios del esmalte.

Todas las unidades orgánicas (proteínas) que habitualmente, están en la superficie del esmalte, pueden ser producto de desarrollo del mismo o que han llegado por el medio ambiente oral.
138,139

Todo componente orgánico en la superficie del esmalte, es una membrana delgada y sin estructura formada por “la integración de muco proteínas y sialo proteínas salivales bioadhesivas con afinidad a la superficie de los tejidos dentales, así como deproteoglicanos y glicoproteínas generalmente encontradas en tejidos blandos contiguos”. Aquí se incluyeron diversas bacterias que formaron una biopelícula donde el plasma ayuda al engrosamiento con ciertos productos como Inmunoglobulinas (IgG) como parte de un procedimiento del huésped / Placa Dento Bacteriana.^{140,141}

3.5.3. TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DEL ACIDO GRABADOR

Aycan y cols. En su estudio valoraron el efecto de diferentes métodos de grabado, comparando el método convencional (aplicación de ácido ortofosfórico en gel al 37%) con métodos que implicaban el uso de láseres. Este estudio en cuestión demostró que el ácido ortofosfórico genera menor rugosidad que los láseres por lo que hace a la superficie del

esmalte, es importante saber que se encontró una relación indirecta entre los valores de la rugosidad de la superficie y la fuerza de unión (a mayor rugosidad, menor fuerza de unión).

Esto se aplica porque cuando menos alterada este la estructura del diente, mayor transmisión de las fuerzas y mejor se adapta el material al diente. También permite mejor salud periodontal al no alterar tanto la estructura del esmalte, por la menor microacumulación de materia orgánica. El estudio concluyo que el ácido ortofosfórico es el mejor mecanismo de grabado, por obtener la mayor fuerza de unión de las resinas al esmalte y menor alteración de la estructura interna del diente. Este estudio concluyo:

- Laser Er, CR: YGSS Mayor rugosidad e irregularidad, pero menor fuerza de unión.
- Ácido ortofosfórico menor rugosidad e irregularidad, pero mayor fuerza de unión.

142,143,144

A lo largo del tiempo se han investigado diversas clases de ácidos con distintas concentraciones y/o tiempos de grabado para refinar la técnica grabado con ácido. Cotejando con distintos ácidos, como el ácido cítrico, el ácido fluorhídrico, ácido maléico y el ácido clorhídrico, se expuso que el ácido ortofosfórico es el más eficaz para promover la adhesión del esmalte en la técnica adhesiva. Para aumentar la eficacia del grabado ácido y por consiguiente una mejor adhesión al esmalte, se han variado la concentración y el tiempo de aplicación de este. La primera generación de grabadores ácidos se produjo a mediados de 1970, con concentraciones de ácido ortofósforico que oscilaban entre el 37% y el 50%. A medida que se desarrollaban los productos se comercializaban los grabados ácidos con diferentes fórmulas e instrucciones de aplicación. Posteriormente, surgieron tiempos de grabados más cortos, ácidos débiles, técnicas grabado por láser, abrasión de partículas en el aire, y otras técnicas de transformación del área del esmalte.

El grabado ácido se puede clasificar según el efecto que genera sobre la superficie del esmalte. Mediante sistemas de observación microscópica se han evaluado diferentes patrones de grabado ácido en el esmalte. estos patrones fueron descritos por distintos investigadores y sus equipos de investigación a lo largo de los años. ^{145,146,147}

En relación al método de grabado ácido, los prismas muestran, en condiciones regulares, tres esquemas diferentes morfoestructurales. Estos modelos, que se relacionan con las diferencias

regionales de las piezas dentarias y con la composición química de los prismas, de acuerdo con la disposición de estos últimos y al modo y lapso de acción del ácido utilizado, se generan diferentes “Tipos o Patrones de Acondicionamiento Adamantino”, Silverstone y cols. (1975) determino los patrones tipo I, II, Y III, según actuaban y sus efectos sobre le superficie del esmalte y fueron descrito como:

“**Patrón Tipo I:** el ácido desmineraliza los cristales de hidroxiapatita de la cabeza de la varilla. El centro de la varilla aparece erosionado, permaneciendo insoluble la periferia”.



Foto 3 Patrón de grabado tipo I. Silverstone et al 1975.

“**Patrón Tipo II:** el ácido desmineraliza los cristales de hidroxiapatita del cuello o del extremo caudal de la varilla. Aparece erosionada la periferia de la varilla, permaneciendo insoluble la zona central”.

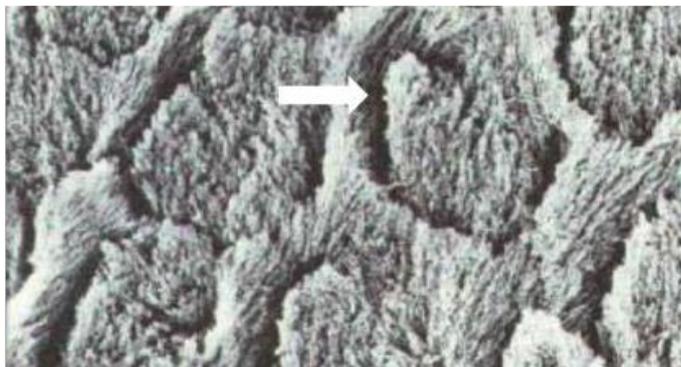


Foto 4 Patrón de grabado tipo II. Silverstone et al 1975.

“Patrón Tipo III: si el acondicionamiento con ácido fosfórico al 3 7% supera los 15 segundos el patrón se caracteriza por una mayor pérdida de tejido superficial, dejando menor superficie respecto de los patrones I y II. Se produce una erosión generalizada”. (1, 229, 68 pág. 191)



Foto 5 Grabado tipo III. Silverstone et al 1975.

Más adelante Galil y Wright definieron los patrones tipo IV Y V.

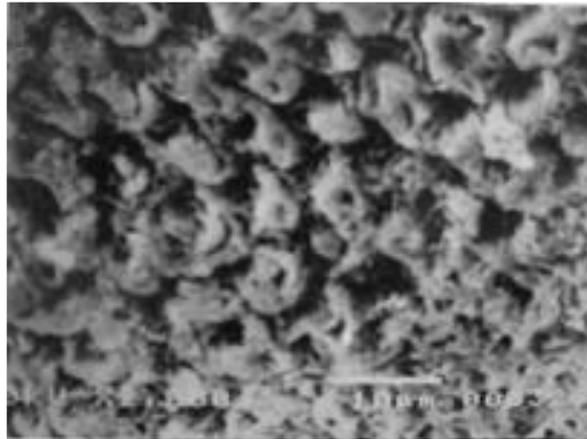


Foto 6 grabado tipo IV Galil y Wright



Foto 7 grado tipo V Galil y Wright

Hermensen RJ y cols. Realizaron un estudio en el que compararon la eficacia del grabado ácido mediante ácido ortofosfórico y el grabado mediante ácido maléico. El estudio se centraba en investigar la pérdida de esmalte debido al grabado ortofosfórico al 35% vs maléico al 10%.

Se grabaron distintas superficies dentales con ambos ácidos durante 15, 30, 45, 60 y 120 segundos y se examinaron las muestras con microscopia electrónica de barrido. Los resultados del análisis demostraron que el ácido ortofosfórico elimina significativamente más esmalte que el ácido maléico. Aun así, la información morfológica obtenida por microscopia electrónica de barrido indicó que la estructura de la superficie resultante del grabado con ácido ortofosfórico y ácido maléico es similar.

Estudios como los realizados por Duke y cols. (1992) y Aasen y Ario (1993) muestran que la fuerza de unión obtenida cuando la técnica de grabado fue el ácido maléico era muy similar a la fuerza obtenida cuando el ácido utilizado era el ortofosfórico. Aun así, otros estudios como el realizado por Triolo y cols. (1993) encontraron una menor fuerza de unión al esmalte cuando el ácido utilizado era el ácido maléico al 10% comparándolo con el ácido ortofosfórico al 35%. Esta diferencia puede explicarse con los diferentes patrones de grabado que se han considerado en los distintos estudios, las superficies de los dientes utilizados. Es por la mayor desmineralización que se obtiene mediante el grabado con ácido ortofosfórico por lo que actualmente se utiliza esta sustancia a la hora de realizar un buen grabado.

Actualmente se sabe que el grabado ácido con ácido ortofosforico elimina de forma irreversible varias micras de superficie del esmalte a profundidades no uniformes e induce un suavizado de la superficie. Esto permite aumentar la porosidad de las capas dentales exteriores. Una exposición corta del ácido sobre la superficie dental puede eliminar la capa superficial y permitir una mejor infiltración del adhesivo.

Por otro lado, el ácido clorhídrico produce una pequeña desmineralización con una breve erosión. Esto nos permite utilizarlo para la remoción superficial de decoloraciones por micro abrasión del esmalte. En fin, estos estudios sugieren una correlación entre la materia orgánica y la permeabilidad del esmalte. Cuanta mayor materia orgánica se mantiene, mayor es la permeabilidad del esmalte. ^{148,149,150,151}

Un método conveniente de preparación adamantino otorga:

- Un mejor ajuste de los aspectos resinosos a las paredes de las preparaciones cavitarias.
- Una merma de la permeabilidad y percolación marginal, de la pigmentación superficial, y del riesgo de caries secundaria. ¹⁵²

El esmalte una vez en condiciones, lavado y secado manifiesta su elevada energía superficial, que beneficia a su humectación con un líquido de alta tensión superficial (sistemas adhesivos).

Ese líquido está constituido por monómeros, de fluidez suficiente “para lograr la impregnación óptima del sustrato, que luego de su polimerización permitirá su retención micromecánica”.

153

3.5.4. Técnica de grabado ácido.

En ese sentido, con el objetivo de lograr una unión satisfactoria entre el adhesivo y la estructura dentaria se han propuesto técnicas de acondicionamiento del tejido dentario o adherente. Debido a que el área del esmalte es comparativamente lisa y tiene poco potencial para la unión micromecánica. Sin embargo, la estructura de superficie del esmalte puede ser modificada considerablemente con la aplicación de ciertos ácidos. Tradicionalmente, aunque se han formulado varias técnicas y sustancias, una solución de ácido ortofosfórico al 37% se considera de elección para la mayoría de las aplicaciones de la técnica de “grabado ácido” del esmalte. En décadas pasadas, el tiempo de aplicación consistió en un minuto, en la actualidad el tiempo se redujo de 10 a 15 segundos. ^{154,155,156,157}

En principio, las aplicaciones de ácido ortofosfórico eran difíciles de controlar cuando se aplicaban al esmalte, debido a que otras áreas resultaban grabadas. Situación que fue superada con el desarrollo de geles ácidos. Estos contienen ácido fosfórico en gel acuoso con ciertos pigmentos, que es suficientemente viscoso como para permitir la colocación controlada en el área requerida. ^{158,159,160}

Los patrones del grabado del esmalte pueden variar. El más común el tipo 1 envuelve la remoción preferencial el núcleo de los prismas de esmalte, así la periferia del prisma permanece intacta. El patrón de grabado tipo 2 es opuesto al tipo 1. Este graba el esmalte con la remoción preferencial de la periferia del prisma, dejando el núcleo intacto. El patrón de

grabado tipo 3 contiene áreas tanto del tipo 1 como del tipo 2, conjuntamente con algunas zonas donde el patrón de grabado parece no estar relacionado con la morfología de los prismas del esmalte. ^{115,124,161}

La profundidad de grabado puede ser determinada por los extremos de los prismas del esmalte, con un diámetro promedio de 5 micras. Esta superficie acondicionada es adecuada para la unión micromecánica, ya que contiene pequeñas retenciones que permiten que las resinas puedan penetrar y formar una retención micromecánica confiable. Así, los tres factores principales que afectan el éxito o fracaso de los métodos adhesivos mediante la técnica de grabado ácido son los siguientes: ^{162,163}

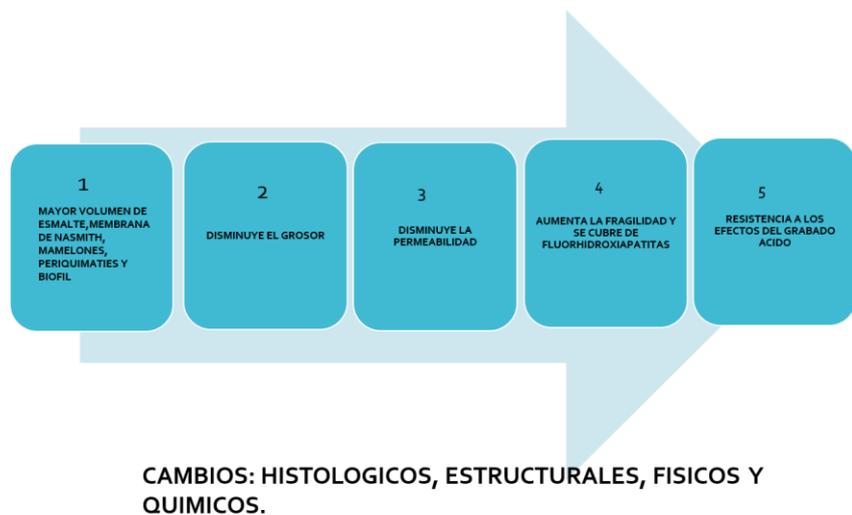
- a) El tiempo de grabado: Este factor debiera ser suficiente para producir un grabado efectivo como se ha evidenciado por la apariencia blanca tiza en la zona del esmalte acondicionado, después del lavado y secado de la superficie. El grabado no puede continuar más del tiempo suficiente, ya que las apatitas disueltas se precipitan como fosfatos dentro de la superficie grabada. Normalmente el tiempo de grabado que se utiliza se ubica entre 10 y 60 segundos. Hoy día, se recomienda como estándar 15 segundos.
- b) El lavado: Tras grabar la superficie del esmalte se debe lavar con abundante cantidad de agua para eliminar los residuos. El tiempo de lavado que se suele utilizar se ubica entre 30 a 60 segundos.
- c) El secado: El secado es crítico si el esmalte va a estar recubierto con una resina hidrofóbica (por ejemplo, BisGMA), cuando se usa la jeringa triple (aire comprimido) sin aceite para obtener una apariencia color blanco yeso o tiza. La superficie debe mantenerse totalmente seca hasta la aplicación de la resina. Un ejemplo de esto sería la aplicación de un sellador de fosas y fisuras. Contrariamente, cuando se usa un adhesivo dentinario para adherir la resina a la dentina, la adhesión al esmalte se puede lograr cuando el esmalte grabado está húmedo. ^{164,165}

3.5.5. Relación entre el envejecimiento del esmalte con respecto a la técnica de grabado ácido para protocolos adhesivos.

La adhesión en esmalte se inicia con los estudios de M. Buonocore y ha sido ampliamente estudiado. Pero se desconoce si el proceso de evolución del esmalte altera los resultados, adhesivo – esmalte, cuando es sometido al método de grabado ácido convencional, ya que esta técnica se utiliza de forma generalizada para cualquier periodo de evolución del esmalte. Aunque la superficie del esmalte si sufre cambios con el tiempo en su parte superficial y capas profundas. Este estudio lo realizamos para comprobar la hipótesis que el envejecimiento dentario, modifica los resultados en la técnica del grabado ácido convencional con ácido ortofosfórico al 35%.^{166,167,168}

Diagrama 4 efectos de la edad, usos, ácidos bucales, y técnicas de remineralización en el proceso evolutivo del esmalte

***EFFECTOS DE LA EDAD,
USOS, HABITOS,
ACIDOS BUCALES,
JUJOS GASTRICOS Y
PROCESO DE DES Y
REMINERALIZACION
EN EL PROCESO
EVOLUTIVO DEL
ESMALTE***



3.5.6. Protocolo Clínico Para la Adhesión en Esmalte.

- Limpiar la zona con clorhexidina y bicarbonato de sodio, con brocha de pelo suave, para no crear micro ralladuras a la superficie del esmalte, y remover la película orgánica.
- Colocar ácido ortofosfórico al 37% [15-10 o 20segundos]
- Lavar copiosamente por 40 segundos.

- d) Secar suavemente hasta ver el color blanco tiza.
- e) Colocar adhesivo de alta tensión superficial.

ESTUDIO DE INVESTIGACION.

Estudio de investigación in vitro para evaluar la topografía de la superficie del esmalte con microscopia electrónica de barrido, (MEB) después de ser sometido a técnica de grabado ácido, con ácido ortofosfórico al 35% en sus tres fases de periodo de evolución cronológica, joven de 7 a 21 años, adulto de 22 a 59 años, y adulto mayor de 60 años en adelante. Y con tres tiempos diferentes de grabado, 15, 10, y 20 segundos. Para determinar si los cambios histológicos, químicos y estructurales en la superficie del esmalte que se producen en sus períodos evolutivos, influyen en el resultado final de la técnica de grabado ácido convencional.

4. HIPÓTESIS.

4. HIPÓTESIS.

- Consideramos que deben existir diferencias significativas en el patrón de grabado, generado en la superficie del esmalte con la técnica de grabado ácido convencional, en los tres periodos de evolución cronológica del esmalte, Creemos que estas diferencias son producidas por las alteraciones en los cambios histológicos, químicos, físicos y estructurales durante los distintos estadios del proceso de envejecimiento.
- ¿Existen diferencias en el patrón de grabado generado en la superficie del esmalte con la técnica de grabado ácido convencional en los tres períodos de evolución cronológica del esmalte?
- ¿Alteran los cambios histológicos, químicos, físicos y estructurales del proceso de envejecimiento en la superficie del esmalte el resultado final de la técnica de grabado ácido convencional?



Foto 8 proceso evolutivo del esmalte

5.- OBJETIVOS

5.- OBJETIVOS

5.1.- OBJETIVO GENERAL.

Determinar por medio del microscopio electrónico de barrido Interfometría confocal, que las diferentes etapas evolutivas del esmalte dan respuestas diferentes al resultado final de la técnica de grabado ácido convencional.

5.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Evaluar los efectos de diferentes tiempos de grabado ácido y las diferentes superficies del esmalte en sus períodos evolutivos.
- Comparar los diferentes tiempos de grabado 10 y 20 segundos en los diferentes períodos evolutivos. Y comparar los resultados con el tiempo generalizado de 15 segundos existente para el esmalte normal en sentido general.
- Analizar los resultados obtenidos con sus estadísticas.
- Realizar un análisis comparativo de las superficies conseguidas en los tres casos relacionándolas con la estructura del esmalte sin tratar.

6.- MATERIAL Y METODO.

6.- MATERIAL Y METODO.

6.1.- MATERIALES.

Ácido Ortofosfórico.

Ácido ortofosfórico para grabado dental H₃PO₄.

El ácido ortofosfórico al 35% actúa desmineralizando el esmalte dental creando microporos que aumentan la superficie de adhesión y por tanto una mayor adhesión a los materiales de restauración, cementación y/o sellados de superficies dentales.

Ácido Grabador Coltene

35% de ácido fosfórico en gel para la técnica de grabado ácido de la dentina y el esmalte.

Características: Colocación - punta fina y flexible para la colocación exacta

Consistencia semi gel, Color de contraste, no se desplaza.

Fácil eliminación – color azul brillante para su fácil ubicación al momento de su retiro

Marca: Coltene

Presentación: Jeringa de 2.5ml



Foto 9 Jeringa de ácido de COLTENE

6). **Técnica de lavado**, agua, agua y aire, (spray) y aire seco.



Foto 10 Grabado acido sobre esmalte

Desinfectante de uso Dental: Desinfectante concentrado para instrumentos, fresas, e instrumentos de Endodoncia y otros, libres de Aldehídos y Fenoles Este fue el desinfectante dental usado como primera barrera de defensa utilizado para desinfectar los dientes a medidas que se iban recolectando y preparando para el estudio utilizamos el Caví Cide por ser el mismo que utilizamos en la clínica para otras desinfecciones con un buen éxito.



Foto 11 Desinfectante de uso dental





Foto 12 Curetas periodontales Gracey 2.0 11/12 Hu Friedy.

Para quitar las partes orgánicas de las raíces de los dientes como el ligamento periodontal y tártaros encontrados en las coronas clínicas se utilizaron curetas periodontales Gracey 2.0 11/12 de la Hu Friedy por su capacidad de corte y las angulaciones en su parte activa para realizar la limpieza de los elementos citados, los que nos permitió no tocar ni alterar las áreas diseñadas para el estudio.

Se utilizó un bisturí # 15 marca Nahita, estéril para retirar tejidos orgánicos adheridos a las raíces post extracción, como tejido de granulación, pequeños quistes y saco pericoronario.



Foto 13 Bisturí 15 # con su mango Desechable.

Agua destilada.

Es la sustancia cuya composición está basada en la unidad de moléculas de H₂O y ha sido

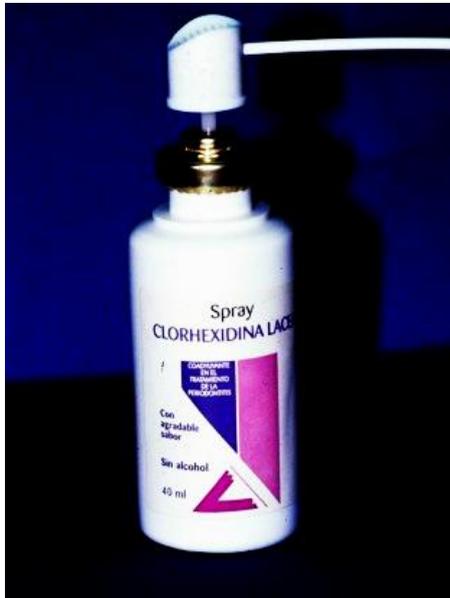


depurada mediante el proceso de destilación. Se utilizó agua destilada para lavar y la primera fase de almacenamiento de los dientes agua destilada marca Rubasa de uso comercial, por no tener elementos que podían alterar la superficie del esmalte como el suero fisiológico, alcohol, legía y agua oxigenada.

Foto 14 Agua Destilada

CLORHEXIDINA.

Es un desinfectante de acción bactericida y fungicida. Forma parte de la “Lista de Medicamentos esenciales de la Organización Mundial de la Salud”, (lista armada con todos los productos farmacéuticos más relevantes que se requieren en un sistema sanitario). Es



ampliamente utilizado en odontología, en concentraciones de 0,2%, 0,12% y 0,10%, en presentaciones para el uso como colutorio o enjuague bucal.⁴⁵ Médicamente, se comenzó a utilizar desde la década de 1950. En nuestro caso la utilizamos como segunda barrera desinfectante para la bioseguridad ya que hoy forma parte de los componentes del protocolo de la técnica de grabado ácido se usó la clorhexidina Lacer al 0.12% Spray de manera individual en los dientes que se trataron en el estudio.

Foto 15 Clorhexidina.

Bicarbonato de sodio.

También conocido como bicarbonato sódico, hidrogeno carbonato de sodio, carbonato ácido de sodio bicarbonato de soda; se trata de un compuesto sólido cristalino de tonalidad blanca, soluble en agua, con un leve sabor alcalino semejante al del carbonato de sodio (pero no tan fuerte y más salado que este último), de fórmula NaHCO_3 . Se lo suele encontrar como mineral en la naturaleza o se puede producir artificialmente.

Es un compuesto soluble en agua y que ante la presencia de ácido se descompone dando origen a dióxido de carbono (CO₂) y agua. “Esto le confiere la propiedad de neutralizar ácidos”.



Se utilizó mezclado con clorhexidina para la limpieza de los dientes, hoy es considerada la mejor mezcla de profilaxis dental, pues no tiene la grasa de las pastas profilácticas ni partículas capaz de producir micros ralladuras en el esmalte y dejando la superficie del esmalte completamente limpia de elemento que interfieran con la técnica de grabado ácido. Se utilizó una marca comercial industrial ya que prácticamente el producto es el mismo siempre independientemente de las marcas.

Foto 16 Bicarbonato de Sodio Puro

BROCHAS DE PELOS SUAVE.

Brochas de pelo suave, para profilaxis, para limpiar las superficies del esmalte sin rayarlo y sin calentar la superficie por fricción usamos la marca Dentaflux.



Foto 17 Brochas de Pelos suave

SALIVA ARTIFICIAL:

Forma farmacéutica: “Composición por 500 ml Potasio cloruro 0,6 g- Potasio dihidrógeno fosfato 0,17 g- sodio cloruro 0,42 g- calcio cloruro 0,148 g- magnesio cloruro 0,025 g.-carboximetil celulosa 5 g sorbitol 15 g- agua purificada c.s.p.500 ml.” Este producto usado como ayuda en la resequedad bucal en la clínica para pacientes con boca seca o poca salivación lo usamos previo al estudio para almacenar los dientes en un ambiente igual al de la cavidad bucal. Se usó la marca Bucalsone por ser un producto conocido en la práctica y sus efectos.

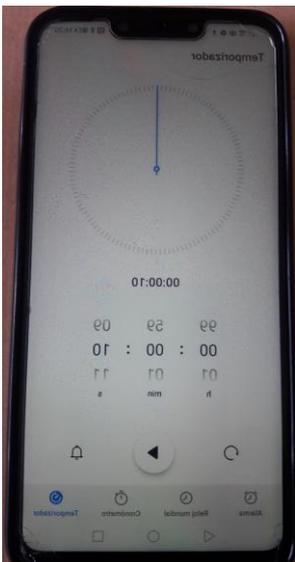


Foto 18 Saliva Artificial

6.2.- APARATOLOGIA

Temporizador

Se utilizó un temporizador para realizar conteo inverso de tiempo con alarma para asegurar la exactitud del tiempo establecido en cada proceso, Para realizar esta parte del estudio se utilizamos un teléfono móvil. Huawei P30 - Smartphone de 6.1" (Kirin 980 Octa-Core de 2.6GHz, RAM de 6 GB, Memoria interna de 128 GB, cámara de 40 MP, Android) Ajusta la hora, minuto y segundo para el contador de tiempo inverso, se activa directamente al momento deseado por el operador. puede establecer el tiempo, los segundos marcados para realizar la técnica de grabado ácido. La alerta de la alarma programada sonará y el sonido preseleccionado se reproducirá en el tiempo establecido por el operador.



MICROSCOPIO ELECTRONICO DE BARRIDO (M.E.B.)

Microscopio de medición 3D Leica DCM

Dual core combina interferometría e imágenes confocales.

El microscopio de medición 3D DCM Leica de doble núcleo presenta una solución completa, que combina las ventajas de las tecnologías confocales e interferométricas. Con un diseño compacto y robusto, este instrumento proporciona una evaluación súper rápida y no destructiva de las micro y nano-geometrías de las superficies de componentes industriales críticos. Desde I + D y laboratorios de inspección de calidad hasta sistemas controlados por robot en el control de procesos en línea, el innovador Leica DCM 3D puede servir en una amplia gama de aplicaciones donde se necesitan mediciones de alta velocidad con una resolución de hasta 0,1 nm.

La tecnología de medición micro óptica de este instrumento cumple con dos requisitos importantes de metrología: medición no destructiva combinada con alta precisión. Las capacidades de medición del Leica DCM 3D van desde unos pocos nanómetros hasta varios milímetros, para servir a una amplia variedad de aplicaciones. Además, realiza mediciones a velocidad extremadamente alta.

Ahora, con un solo sistema es posible analizar superficies rugosas (confocales) así como suaves (Interferometría de barrido vertical o VSI) y súper suave (Interferometría de cambio de fase o PSI). La resolución lateral submicrométrica y la resolución vertical en el rango de nm se obtienen en modo confocal, mientras que los campos de visión grandes en combinación con la resolución Z subnanométrica se adquieren en el modo de interferometría.

La cámara captura imágenes en color de 3Mpixel directamente en una tarjeta SD o en una PC conectada. La cámara viene con un software intuitivo LAS EZ que incluye mediciones básicas, anotaciones y archivos. Toda la imagen y los datos de calibración se pueden almacenar con la imagen para una referencia posterior.

Características clave

- Confocal e interferometría: tecnología de doble núcleo para mediciones de alta velocidad y alta resolución, de 0,1 nm a 10 mm.
- Interferometría PSI y VSI: proporciona la mayor precisión en la medición de superficies, con resolución sub-nanométrica.
- Tecnología confocal de pantalla micro: imágenes confocales y de campo brillante de la misma área simultáneamente.

- Mediciones 3D rápidas y no destructivas: no es necesaria la preparación de la muestra (a diferencia de lo que se necesita para la microscopía electrónica de barrido).

El sistema Leica DCM 3D de tecnología de doble núcleo fue inventado y delineado para lograr un análisis rápido y sin contacto de estructuras microscópicas y nanoestructuras en superficies técnicas. Este sistema, adapta la tecnología confocal con la interferometría de modo de lograr mediciones a alta velocidad y excelente resolución de hasta 0,1 nm.

La tecnología confocal con microvisualizador, y sin componentes móviles, puede medir



diversos materiales y lograr excelentes imágenes confocales y de campo claro simultáneamente. La aplicación de la microscopía electrónica analítica (análisis cuantitativo) a la odontología es un avance importante para definir los patrones normales y patológicos de los tejidos normales y patológicos de los tejidos dentales mineralizados y las respuestas de estas estructuras de terapia dental. En este estudio se utiliza para caracterizar los patrones estructurales y de rugosidad de la superficie del esmalte después de ser sometidos a técnica de grabado ácido.

Foto 19 Microscopio de medición 3D Leica DCM



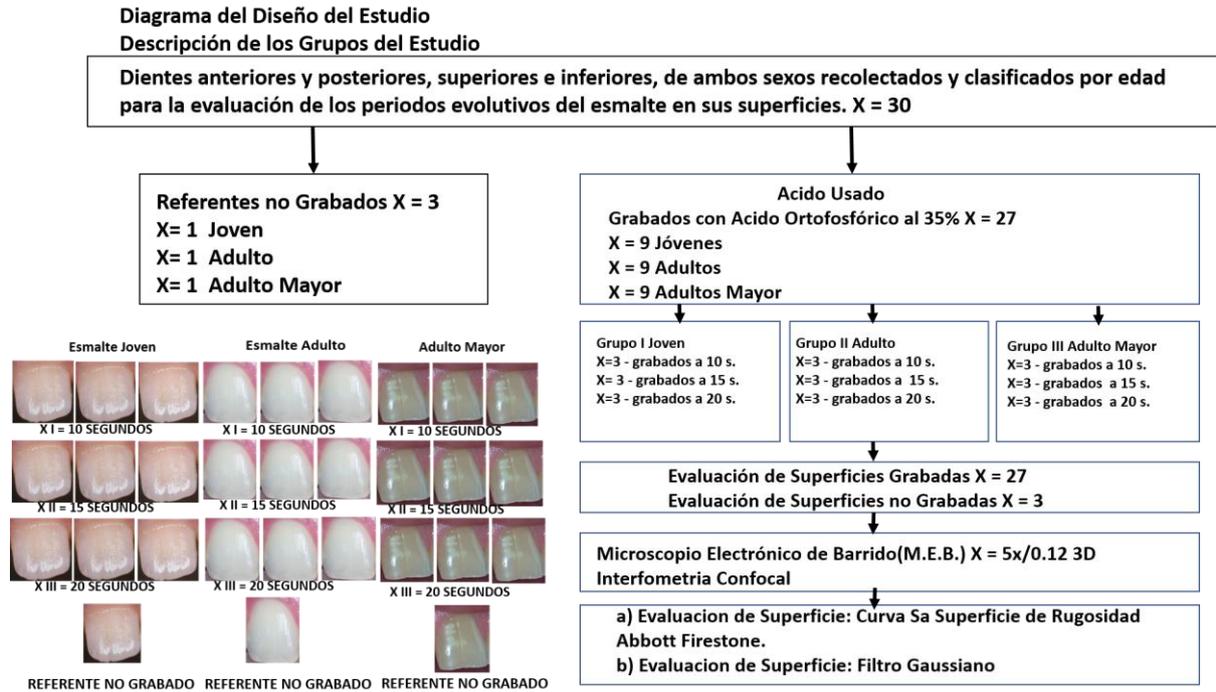
Foto 20 Sección del laboratorio de microscopia

6.3.- METODOLOGÍA

Este estudio in vitro se realizó en el “Departamento de Servicios Científicos y Técnicos” y el “Laboratorio de Microscopia Electrónica de la Universidad de Barcelona”. Se utilizaron 30 dientes permanentes con coronas clínicas integrales, extraídos por diferentes diagnósticos clínicos. Se limpiaron con los mismos criterios de una profilaxis en boca del paciente, con curetas periodontales para eliminar restos de tejidos blandos, tártaros y manchas superficiales, además se pulieron con brochas de pelos suaves y mezcla de clorhexidina con bicarbonato de soda para no agredir la superficie del esmalte. Se almacenaron en frascos de cristal con gases impregnadas con agua destilada para evitar la deshidratación y previo al estudio en saliva artificial para mantener su criterio superficial inalterable para el estudio y evitar resultados finales alterados. Las piezas dentarias tratadas por grupos de edad y de manera individual para no alterar el protocolo de la técnica de grabado y la exactitud en el cronometraje de los tiempos de grabado, fueron tratadas en la cara vestibular con concentración del ácido de 35%

y tiempo de 15, 10 y 20 segs. Las evaluaciones de las superficies tratadas se realizaron con Interfometría Confocal Leica DCM3D.

Diagrama 5 Diagrama del Diseño del Estudio



6.3.1.- Recoleccion de las muestras.

Recolección de las Muestras. En el presente estudio se recolectaron 30 dientes requeridos como muestras, todos extraídos por diferentes indicaciones clínicas, problemas periodontales, ortodoncia, y perdidos por traumas dentales. Por su parte los individuos a los que se les realizaron las exodoncias hicieron la donación voluntaria de sus dientes.



Posterior a la extracción dental, las muestras se colocaron en agua destilada, en frascos recolectores de cristal, luego fueron lavados con Cavi Cide desinfectante dental para evitar alteración superficial de las muestras, hasta eliminar restos de tejido blando. Posteriormente se almacenaron en frascos independientes con saliva artificial entre 18º a 20ºC. Hasta el momento de la aplicación de la técnica del estudio. No se trataron con agua oxigenada, hipoclorito de sodio, ni lejía para mantener las muestras inalterables en sus superficies. A medida que se recogían las muestras se clasificaban por edad.

Foto 21 Dientes recolectados para el estudio y clasificado por edad

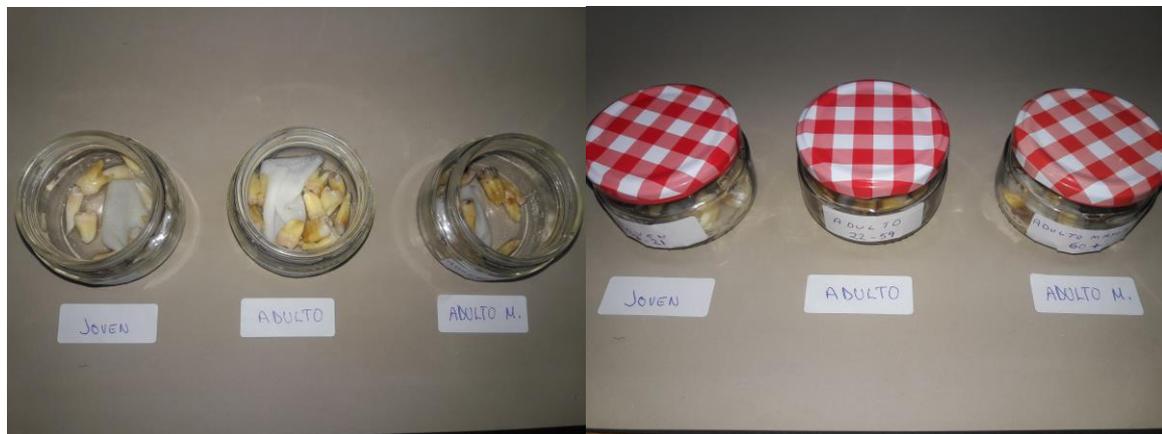


Foto 22 Frascos con los dientes en humedad relativa en agua destilada y envasados a temperatura ambiente

6.3.2.- Población y Muestras.

La población del estudio consiste en dientes extraídos anteriores y posteriores, por diferentes motivos, problemas periodontales, indicaciones de tratamientos de ortodoncia. El tamaño de las muestras es de 30 dientes anteriores y posteriores, superiores e inferiores, y de cualquier género se clasifican por grupo de edad:

- Entre 7 y 21 años: joven.
- Entre 22 a 59 años: adulto
- De 60 años en adelante: adulto mayor.

La clasificación por edad se hizo siguiendo los parámetros de la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) Que se clasifican de la siguiente manera:

- **Juventud:** Edad que se sitúa entre la infancia y la edad adulta 10 a 24 años y abarca la pubertad de 10 a 14 años, adolescencia media o tardía de 15 a 19 años juventud plena 20 a 24 años. Para el estudio se consideró de 7 a 21 años por madurez dental y a partir del momento en que se puede comenzar a tratar dientes con la técnica adhesiva en niños principalmente por trastornos de traumatismos dentales.
- **Adulthood:** Se comprende de 25 a 69 años, para el estudio elegimos 21 años por ser punto de partida de la responsabilidad civil del individuo, el parámetro elegido para este periodo en nuestro estudio fue de 22 a 59 años.
- **Adulto Mayor:** También llamada (tercera edad) de 60 a 70 años en el estudio se cubre la vejez y la senilidad por eso se trabajan de 60 años en adelante.

Grupo (X = 30) y este se sub divide en tres grupos:

- Grupo I – Joven de 7 a 21 años. (X1 = 10, 9 de trabajo 1 referente)
- Grupo II- Adulto de 22 a 59 años. (X2= 10, 9 de trabajo 1 referente)
- Grupo III – Adulto Mayor de 60 años en adelante. (X3 = 10, 9 de trabajo y 1 referente)

Estos tres grupos a su vez se sub dividen en grupos de 3 para la aplicación del ácido en las caras vestibulares, linguales y palatinas y los diferentes tiempos de grabado 10, 15 y 20 segundos. A continuación, se lavan con chorro de agua, agua y aire y se deseca con chorro de aire.

Muestras: Se eligieron un total de 30 piezas dentarias humanas bajo los siguientes criterios.

Universo: 30 piezas dentarias anteriores, posteriores, superiores, inferiores, permanentes, recolectados en consultorios privados. Se le retiraron los tejidos blandos, manchas y tártaros con curetas periodontales y bisturí # 15.



Foto 23 clasificados los dientes limpiados previos a llevarse al almacenamiento con saliva artificial



Foto 24 Grupo de estudio montado en tacos de yeso, clasificado por periodo evolutivo, divididos en grupos de tres más el referente o testigo de cada grupo

PROTOCOLO DE CONTROL DE INFECCIONES.

Seguidamente a las extracciones, los órganos dentarios se sometieron a un lavado con agua corriente, con la finalidad de eliminar el sobrante de tejido blando utilizando un mango y hoja de bisturí #15 y con curetas periodontales para retirar placas, manchas y tártaros de las superficies de los órganos dentales. Posteriormente se almacenaron en envases de cristal, con una solución que inhibe la proliferación de microorganismos y se colocaron a temperatura ambiente hasta el momento de iniciar con la fase experimental.

6.2.3.- conservación de las muestras.

Antes de asignar los dientes a los diferentes grupos, se clasificaron por edad con la finalidad de identificar los especímenes y agruparlos por margen de edad y ver clínicamente los cambios macros de las superficies de esmalte que predominan en estos períodos.

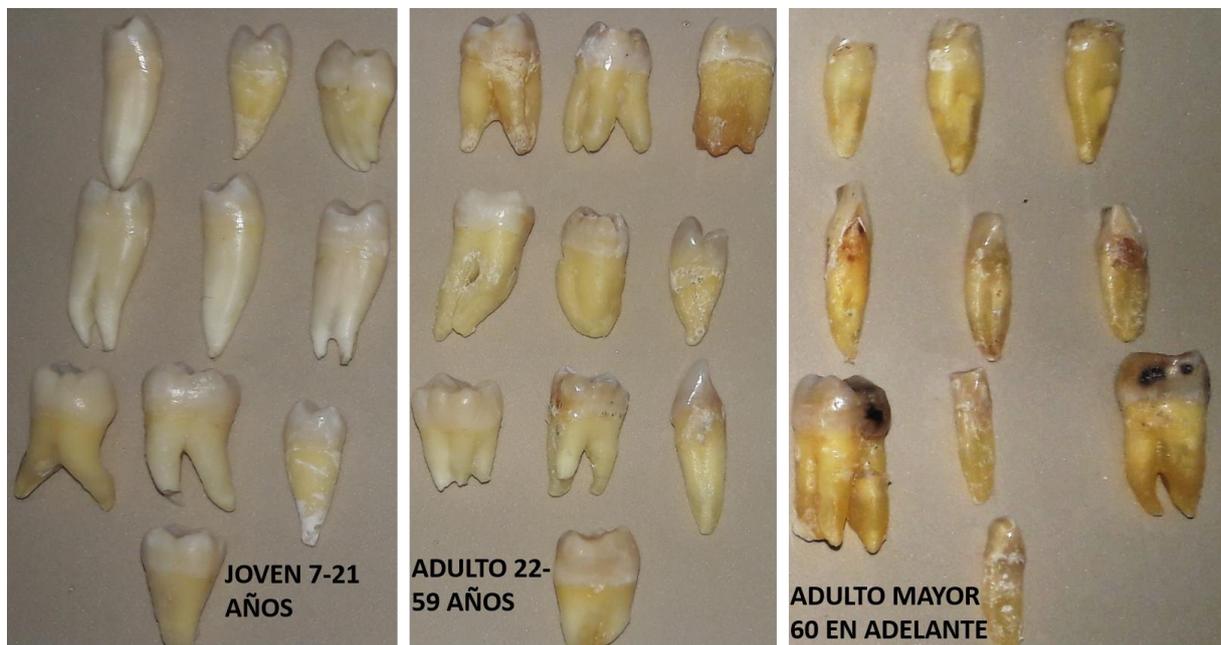


Foto 25 Proceso evolutivo con el aumento de color por envejecimiento

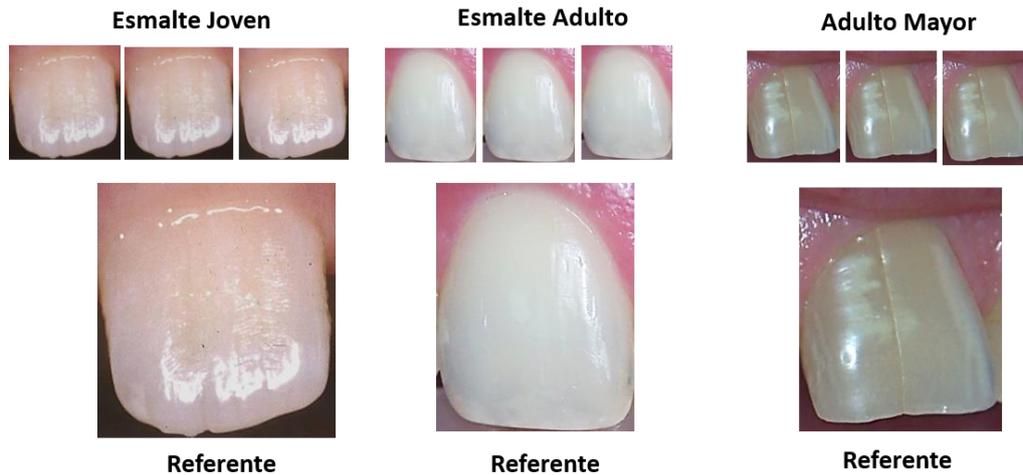


Foto 26 de conjuntos de acercamiento de los cambios evolutivos del esmalte

Los dientes recolectados se conservaron en envases de cristal herméticamente cerrados, con agua destilada, humectando gasas para evitar la sobre hidratación y alteración superficial de las muestras y colocada en lugar que mantenía la temperatura ambiente. Se clasificaron por edad. Se limpiaron con bactericidas y limpiadores mecánicos, como curetas periodontales, brochas de pelo finos, clorhexidina y bicarbonato de sodio, para dejar limpias las superficies del esmalte y retirar cualquier resto de tártaro, placa bacteriana o restos de sangre y tejidos blandos, que puedan interferir con la correcta aplicación de la técnica, pero tratando los dientes con los mismos criterios de cuando están en su posición en la cavidad bucal.

6.3.4.- Preparación de las muestras.

Se usan 30 dientes anteriores y posteriores humanos, extraídos recientemente por diferentes indicaciones clínicas y con aprobación previa del donante, 10 piezas correspondientes a personas de 7 a 21 años, un segundo grupo correspondiente a personas de 22 a 59 años de edad y un tercer grupo de personas de 60 años en adelante de edad. Estas muestras conforman los grupos experimentales, que fueron desbridados, limpiados con instrumentos manuales, escobillas y bicarbonato de sodio más clorhexidina para no alterar las superficies. Luego se mantienen a 100% de humedad relativa en agua destilada. Finalmente se mantienen en saliva artificial para recrear el medio bucal.

Se registraron las piezas a utilizar numeradas y colocadas en tacos de yeso, identificado por edad y en grupos de tres y otras informaciones referente a este. Los dientes marcados para

delimitar de manera exactas las zonas sometidas del diente a la técnica de grabado ácido, para identificar claramente donde se realizará la aplicación del grabado ácido, solo en las caras vestibulares.

Se forman tres sub grupos para aplicar el ácido por grupo de edad, en este trabajo se eligen la cara vestibular y en tres tiempos 10, 15, y 20 segundos con la misma concentración de ácido ortofosfórico al 37% y un diente no grabado por grupo como referente de superficie.



Foto 27 Preparación de superficies previo a la aplicación de la técnica de grabado ácido

6.3.5.- Preparación de la superficie del diente.

La superficie del esmalte se limpia con bicarbonato de sodio y clorhexidina (mezcla - pasta) o



con agentes libre de grasa, esto es fundamental para la expulsión de la placa bacteriana que se encuentra sobre la superficie del diente, esta debe permanecer seca y limpia, libre de contaminación y saliva, para poder aplicar correctamente, la técnica de grabado ácido.

Foto 28 Preparación de la superficie del diente

6.4. - GRUPOS DE ESTUDIO.

Se realizarán de manera aleatoria en 30 dientes anteriores y posteriores extraídos, divididos en 3 grupos por período de evolución cronológica, de 7 a 21, 1er período. de 22 a 59 2do período. y de 60 en adelante, 3er período. [esmalte joven, esmalte adulto y esmalte adulto mayor]

- I. **SUPERFICIE 1:** grabado durante 10 segundos con ácido Ortofosfórico al 35% y lavado de 40 segundos en los diferentes periodos de evolución del esmalte.
- II. **SUPERFICIE 2:** Superficie grabada 15 segundos con ácido Ortofosfórico al 35 %Y lavado de 40 segundos en los diferentes periodos de evolución del esmalte.
- III. **SUPERFICIE 3:** Superficie grabada a 20 segundos con ácido Ortofosfórico al 35%Y lavado durante 40 segundos en los diferentes periodos de evolución del esmalte.

El protocolo de grabado se realizará sobre las superficies de las muestras en sus tres períodos evolutivos, en los tres tercios dentales, con tres tiempos de grabado, 10, 15, y 20 segundos, con la misma concentración de ácido ortofosfórico al 35%, y con criterio secuencial de menor a mayor en tiempo y madurez de las muestras.

Diagrama 6 Aplicación por Grupo de la Técnica de Grabado Acido



6.4.1.- Conformación de las muestras

El 100% de las muestras, serán colocadas en tacos de yeso, por el tercio apical, para evitar contaminación y facilitar un mejor manejo de la técnica, por sus marcas solo se atacará con ácido la cara vestibular según el esquema de investigación.

El taco de yeso (escayola) se construye con moldes estándar para evitar diferencias y facilidad de manejo.

De Selección:

Criterios de inclusión.

- Dientes anteriores y posteriores extraídos de pacientes de cualquier género.
- Dientes anteriores y posteriores extraídos clasificados por edad.
- Dientes extraídos que se encontraban con su corona totalmente erupcionada y sin alteraciones extrínsecas.

Criterios de exclusión.

- Dientes anteriores y posteriores extraídos con signos evidentes de lesiones manchas blancas, fluorosis o hipoplasia del esmalte
- Dientes anteriores y posteriores sin completar el proceso de erupción.
- Dientes anteriores y posteriores que presentaban coronas u otro material de restauración de características adhesivas.

Criterios de eliminación.

Dientes anteriores y posteriores que previamente fueron tratados con alguna técnica adhesiva y que el grabado anteriormente realizado pueda alterar los resultados del estudio en cuestión.

Técnica Convencional

A partir de la clasificación de los tipos de grabados realizados por Silverstone y cols. En 1975 con técnica hecha sobre esmalte “normal” y con ácido ortofosfórico con concentración de 37% y que clasificó los patrones de grabado en tipo I, tipo II y tipo III según las respuestas de los prismas del esmalte. Esto es lo que conocemos hoy en día como técnica de grabado ácido convencional, a partir de este estudio fueron universalizados en la práctica diaria como los parámetros más confiables, buenos y válidos y han servidos como los referentes para la realización de los protocolos de grabados con ácido ortofosfórico para la práctica de hoy en día.

DE CONSIDERACION:

Todos los patrones de grabados pueden estar en un mismo diente, y esto puede ser:

- 1) Por desconocimiento de la técnica por parte del operador.
- 2) Por descuido o distracción mientras se aplica la técnica.
- 3) Uso de productos alterados.
- 4) Mal manejo de la técnica.

Los patrones I Y II son los ideales y confiables.

Valores de adhesión micro mecánica (principalmente) con promedio de 20 Mpa. (de resistencia a la tracción)

CONCENTRACION DEL ACIDO GRABADOR

Desde la década de 1960 se han investigado diferentes tipos de concentraciones con el objetivo de mejorar la técnica de grabado ácido del esmalte. Se aplicaron distintas concentraciones de ácido ortofosfórico in vitro, y se concluyó que las concentraciones debajo de 30% eran insuficientes para generar suficiente disolución del esmalte. Las concentraciones de ácido superiores al 50% presentaron menos cambios morfológicos superficiales.

Sobre la base de análisis clínicos, el grabado de la superficie del esmalte intacto normal de los dientes humanos permanentes con una concentración de 30 a 50% de ácido ortofosfórico durante 1 minuto se ha aceptado como protocolo para la adhesión al esmalte desde principios de la década de 1980. (89) En la actualidad se universalizó el protocolo de grabado ácido, en 35% la concentración del ácido ortofosfórico y 15 segundos el tiempo de exposición sobre el esmalte.¹⁶⁹

Criterio de selección de los tiempos de grabado: Se seleccionaron los períodos de tiempo 15, 10, y 20 segundos y la concentración de 35% de ácido ortofosfórico, porque la técnica de grabado ácido convencional se ha universalizado con parámetros de concentración de ácido ortofosfórico al 35% y tiempo de 15 segundos como los parámetros más aceptados por la mayoría de los estudios de investigación del tema realizados hasta ahora, con los cuales se obtienen los mejores resultados adhesivos sobre el esmalte normal.

La finalidad de este estudio es la de precisar aún más sobre la efectividad de la técnica de grabado ácido en los cambios de diferenciación química y estructurales que sufre el esmalte en sus períodos evolutivos y como estos pueden afectar la técnica de grabado cuando se generaliza y se tratan como si fuera una superficie única y sin ningún tipo de alteración en su proceso evolutivo.

Conociendo por los estudios longitudinales realizados sobre la concentración del ácido y que el parámetro de concentración del 35% es adecuado para obtener resultados satisfactorios, con los resultados que se obtenga queremos dotar al clínico del tiempo y concentración

adecuada para cada superficie en particular. Por eso variamos el tiempo y se modifica para la adecuación a las características de las superficies del esmalte en sus períodos evolutivos y su capacidad de respuestas al efecto de la técnica de grabado ácido. De esta manera dar al esmalte la capacidad de una respuesta correcta a la técnica en cada superficie y su diferenciación histológica, estructural y químicas de sus superficies.

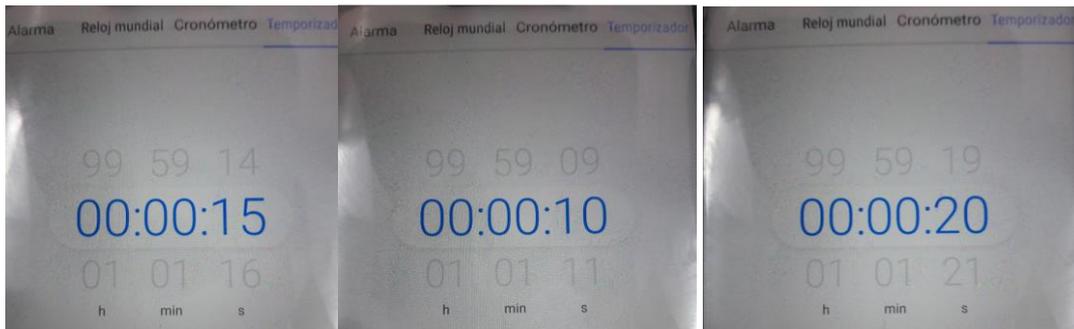


Foto 29, 30 y 31 tomadas al temporizador con el tiempo de aplicación por grupo de estudio



Foto 32, 33 y 34 después de la aplicación del ácido y delimitación de las zonas de la superficie del esmalte a evaluar

6.4.2. Superficie del Esmalte después de ser Sometida a Técnica de Grabado Acido

La superficie del esmalte es incapaz de regenerarse, pero si puede remineralizarse. Varios estudios demostraron que posterior a la aplicación de ácido fosfórico durante un período de tiempo de más de 30 segundos, se observa una superficie opaca. No obstante, Silverstone L. en 1975 comprobó histológicamente tres patrones que describen la desmineralización de acuerdo con el lugar afectado. “Se denomina tipo I cuando se ha afectado el prisma, tipo II a la sustancia interprismática y finalmente tipo III cuando no existe un patrón definido”.

Por otra parte, observó que el esmalte recobra su contextura superficial y su aspecto traslúcido sin necesidad de aplicar tratamiento alguno, debido a que “las sales de calcio y el fosfato de la saliva se han depositado y han logrado remineralizar la superficie”. ^{170,171,172}

Siendo una técnica eficaz, puede mostrar ciertos efectos negativos sobre el esmalte tales como grietas y fracturas, aumento de su porosidad, pérdida de 10 um en profundidad de fluoruro y se logrará una superficie áspera si la técnica no es realizada adecuadamente. ^{173,174}



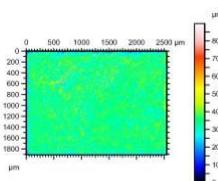
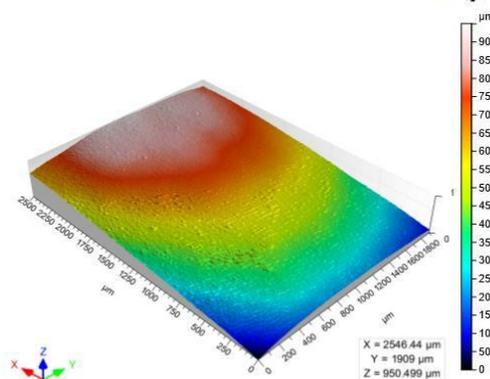
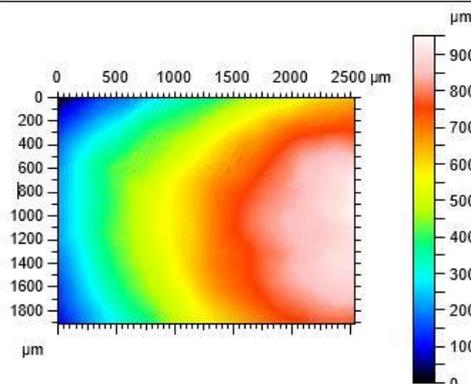
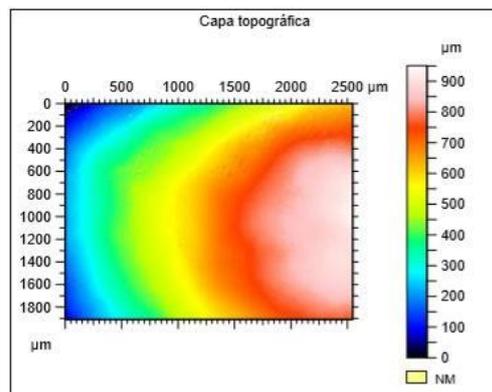
Foto 35 y 36 Para evaluar con caso clínico la superficie blanco tiza que queda el esmalte después de ser sometido a la técnica

7.- RESULTADOS

7.1.- Resultados Obtenidos con Interfometría Confocal.

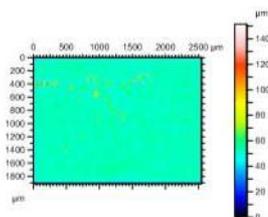
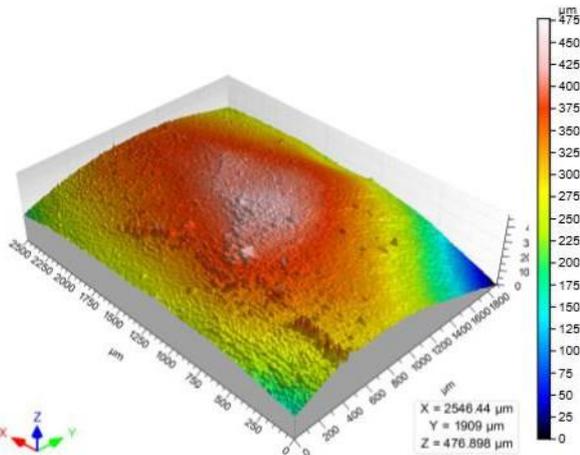
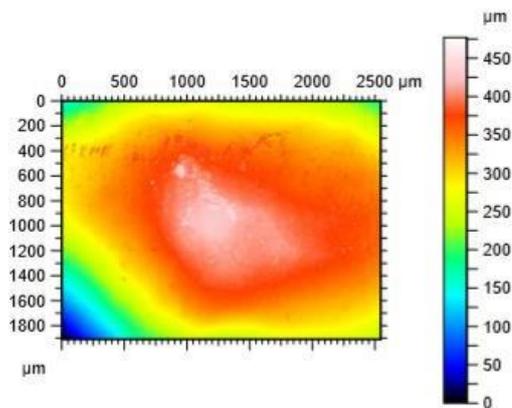
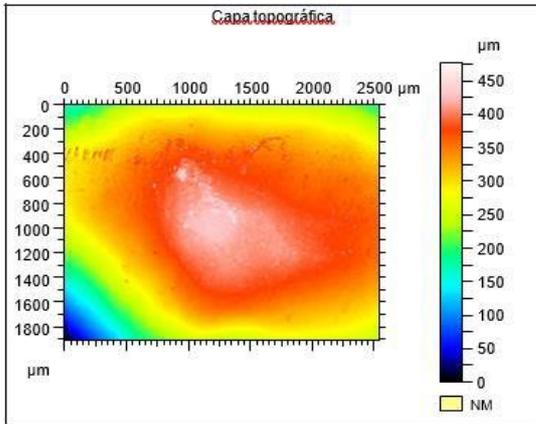
Mediante la interfometría confocal se determinó la rugosidad de las diferentes muestras, este análisis de resultados se presenta por separado, referentes no grabados y y los tres grupos tratados por período evolutivo con ácido ortofósforico.

Muestra 1 Joven 10 segs



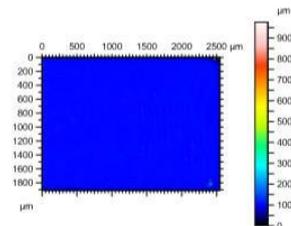
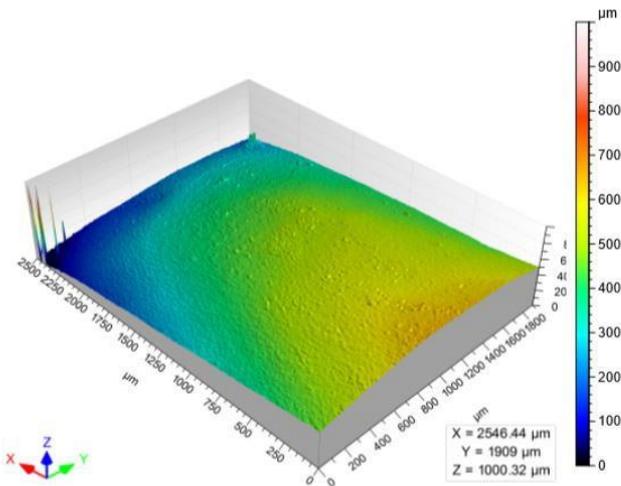
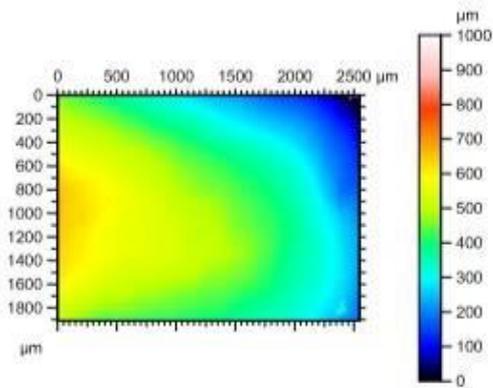
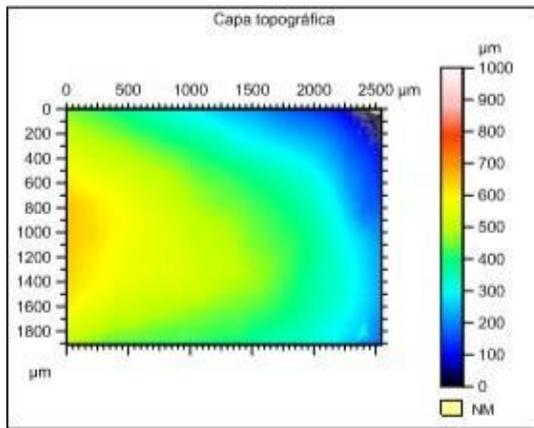
EUR 15178N		
Parámetros de amplitud		
Sa	185.144	μm
Sq	214.984	μm
Sz	465.433	μm
Ssk	-0.262084	
Sku	1.97002	
Sp	378.064	μm
Sv	572.435	μm
St	950.499	μm
Otros parámetros 3D		
Varios		
Sdar	5693807	μm^2
Spar	4861154	μm^2
Smean	-32025.8	μm
ISO 25178		
Parámetros funcionales		
Smr	0.000904225	%
Smc	274.634	μm
Sxp	418.555	μm
Parámetros espaciales		
Sal	473.391	μm
Str	0.46662	
Std	74.5013	$^\circ$
Parámetros híbridos		
Sdq	0.672285	
Sdr	17.1287	%
Functional Parameters (Stratified surfaces)		
Sk	0.214671	μm
Spk	0.258842	μm
Svk	0.255589	μm
Smr1	10.7903	%
Smr2	87.8403	%
Parámetros funcionales (Volumen)		
Vm	2.95018	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vv	277.584	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmp	2.95018	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	230.657	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	257.058	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	20.5265	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

Muestra 2 joven 15 segundos



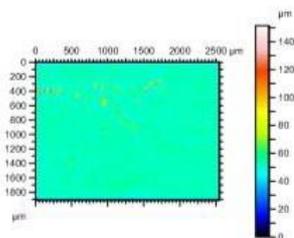
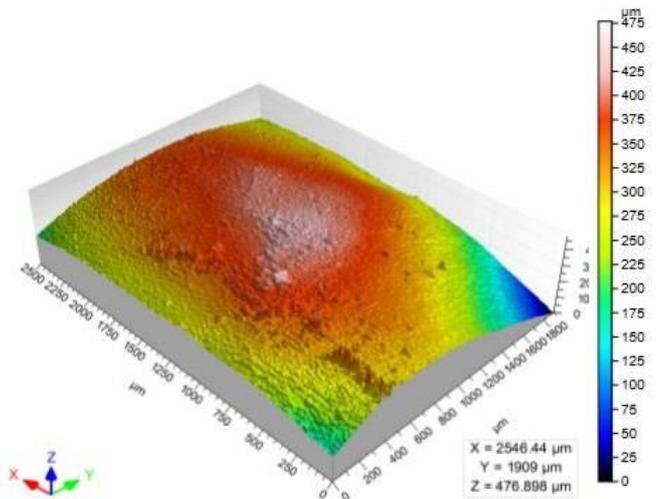
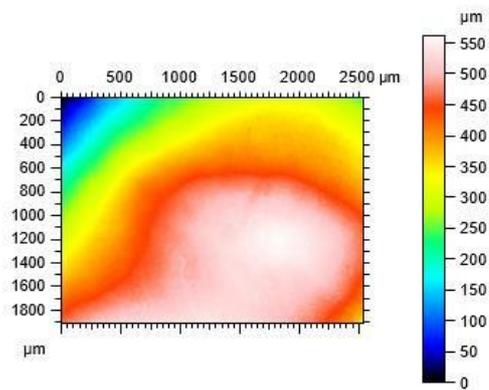
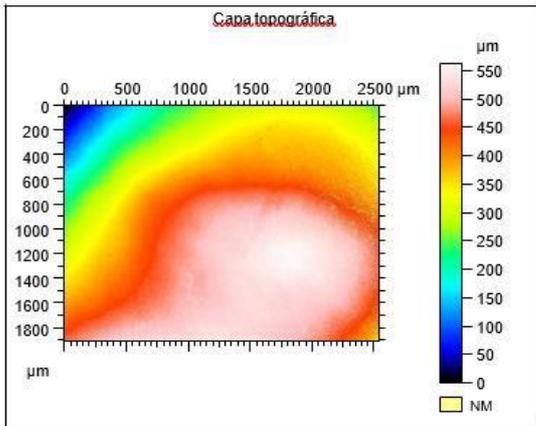
EUR 15178N		
Parámetros de amplitud		
Sa	52.8353	μm
Sq	68.0803	μm
Sz	266.461	μm
Ssk	-1.17758	
Sku	4.90396	
Sp	153.751	μm
Sv	323.147	μm
St	476.898	μm
Otros parámetros 3D		
Varios		
Sdar	5486969	μm^2
Spar	4861154	μm^2
Smean	-29517.3	μm
ISO 25178		
Parámetros funcionales		
Smr	0.000452112	%
Smc	75.1265	μm
Sxp	191.581	μm
Parámetros espaciales		
Sal	546.488	μm
Str	0.58069	
Std	163.252	$^\circ$
Parámetros híbridos		
Sdq	0.752623	
Sdr	12.8738	%
Functional Parameters (Stratified surfaces)		
Sk	0.147572	μm
Spk	0.20314	μm
Svk	0.349745	μm
Smr1	14.5275	%
Smr2	88.1275	%
Spq	0.10804	
Svq	5.2562	
Smq	99.893	
Parámetros funcionales (Volumen)		
Vm	1.24073	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vv	76.3673	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmp	1.24073	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	58.7982	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	65.2453	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	11.122	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

Muestra 3 joven 20 segundos



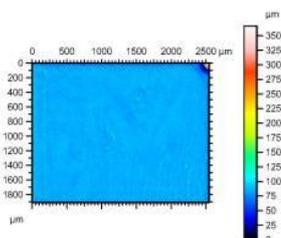
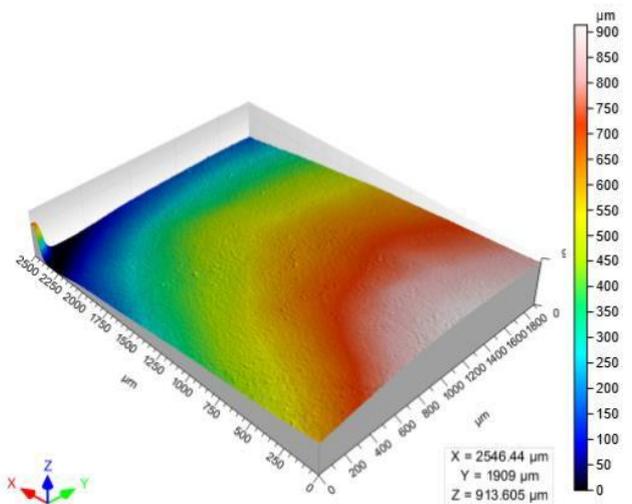
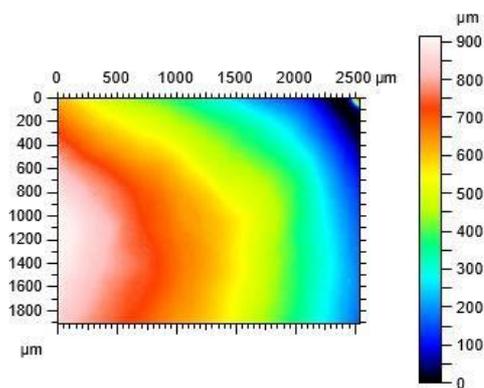
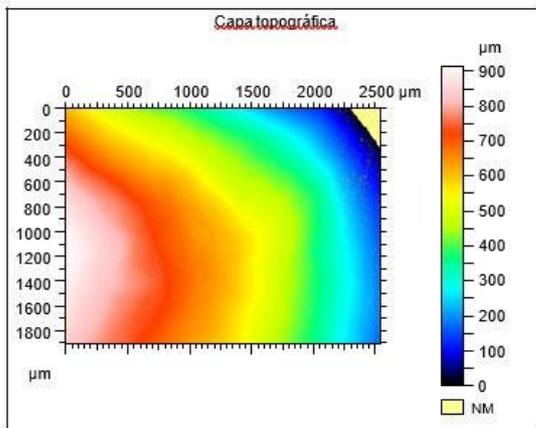
EUR 15178N		
Parámetros de amplitud		
Sa	105.144	μm
Sq	128.135	μm
Sz	340.963	μm
Ssk	-0.478075	
Sku	2.66275	
Sp	588.172	μm
Sv	412.148	μm
St	1000.32	μm
Otros parámetros 3D		
Varios		
Sdar	5488598	μm ²
Spar	4861154	μm ²
Smean	-29027.5	μm
ISO 25178		
Parámetros funcionales		
Smr	0.000226056	%
Smc	155.436	μm
Sxp	287.995	μm
Parámetros espaciales		
Sal	480.339	μm
Str	0.494167	
Std	95.2424	°
Parámetros híbridos		
Sdq	1.88637	
Sdr	12.9073	%
Functional Parameters (Stratified surfaces)		
Sk	0	μm
Spk	0.578522	μm
Svk	0.278303	μm
Smr1	34.4	%
Smr2	34.4	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	
Parámetros funcionales (Volumen)		
Vm	3.36189	μm ³ /μm ²
Vv	158.798	μm ³ /μm ²
Vmp	3.36189	μm ³ /μm ²
Vmc	127.781	μm ³ /μm ²
Vvc	142.66	μm ³ /μm ²
Vvv	16.1383	μm ³ /μm ²

Muestra 82 Joven 10 segs.



EUR 15178N		
Parámetros de amplitud		
Sa	87.2816	μm
Sq	106.975	μm
Sz	365.158	μm
Ssk	-0.930528	
Sku	3.47805	
Sp	154.69	μm
Sv	407.028	μm
St	561.718	μm
Otros parámetros 3D		
Varios		
Sdar	5218622	μm ²
Spar	4861154	μm ²
Smean	-27998.4	μm
ISO 25178		
Parámetros funcionales		
Smr	0.00241462	%
Smc	115.772	μm
Sxp	286.987	μm
Parámetros espaciales		
Sal	503.387	μm
Str	0.395637	
Std	65.2495	°
Parámetros híbridos		
Sdq	0.419741	
Sdr	7.35356	%
Functional Parameters (Stratified surface)		
Sk	0.135884	μm
Spk	0.130496	μm
Svk	0.158838	μm
Smr1	11.594	%
Smr2	85.294	%
Spq	0.0638941	
Svq	1.19405	
Smq	99.6546	
Parámetros funcionales (Volumen)		
Vm	1.11344	μm ³ /μm ²
Vv	116.886	μm ³ /μm ²
Vmp	1.11344	μm ³ /μm ²
Vmc	100.627	μm ³ /μm ²
Vvc	100.371	μm ³ /μm ²
Vvv	16.5142	μm ³ /μm ²

Muestra 83 Joven 15 segs.



EUR 15178N

Parámetros de amplitud

Sa	180.415	μm
Sq	214.111	μm
Sz	358.006	μm
Ssk	-0.23848	
Sku	2.16976	
Sp	403.559	μm
Sv	510.046	μm
St	913.605	μm

Otros parámetros 3D

Varios

Sdar	5485601	μm^2
Spar	4861154	μm^2
Smean	-29883.8	μm

ISO 25178

Parámetros funcionales

Smr	0.000763677	%
Smc	279.33	μm
Sxp	432.978	μm

Parámetros espaciales

Sal	449.886	μm
Str	0.450416	
Std	110.5	$^\circ$

Parámetros híbridos

Sdq	0.635374	
Sdr	12.8456	%

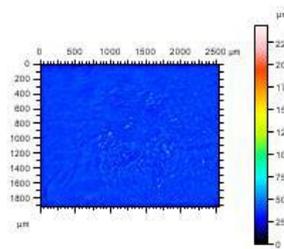
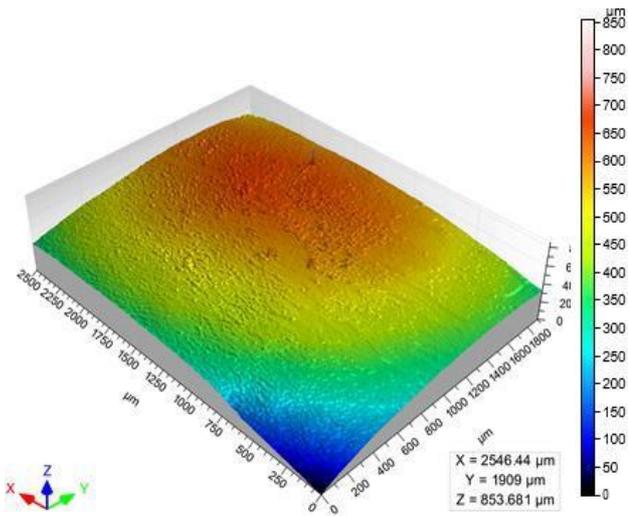
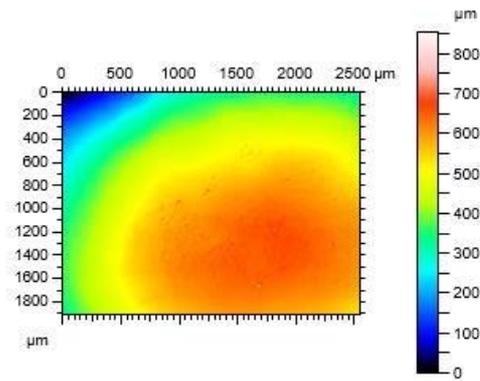
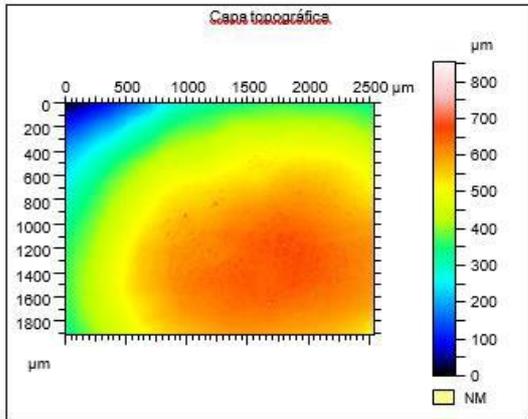
Functional Parameters (Stratified surfaces)

Sk	0.134021	μm
Spk	0.181709	μm
Svk	0.196708	μm
Smr1	16.3263	%
Smr2	84.5763	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	

Parámetros funcionales (Volumen)

Vm	4.7061	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vv	284.037	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmp	4.7061	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	223.768	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	262.343	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	21.6932	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

Muestra 84 Joven 20 segs.



EUR 15178N

Parámetros de amplitud

Sa	103.522	μm
Sq	126.858	μm
Sz	490.13	μm
Ssk	-0.964978	
Sku	3.59237	
Sp	358.747	μm
Sv	494.935	μm
St	853.681	μm

Otros parámetros 3D

Varios

Sdar	5519158	μm^2
Spar	4861154	μm^2
Smean	-31156.2	μm

ISO 25178

Parámetros funcionales

Smr	0.000226056	%
Smc	137.191	μm
Sxp	345.207	μm

Parámetros espaciales

Sal	525.04	μm
Str	0.413023	
Std	26.5101	$^\circ$

Parámetros híbridos

Sdq	0.730763	
Sdr	13.536	%

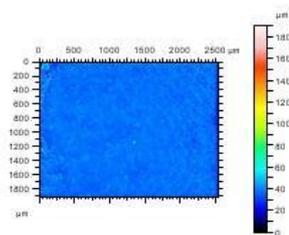
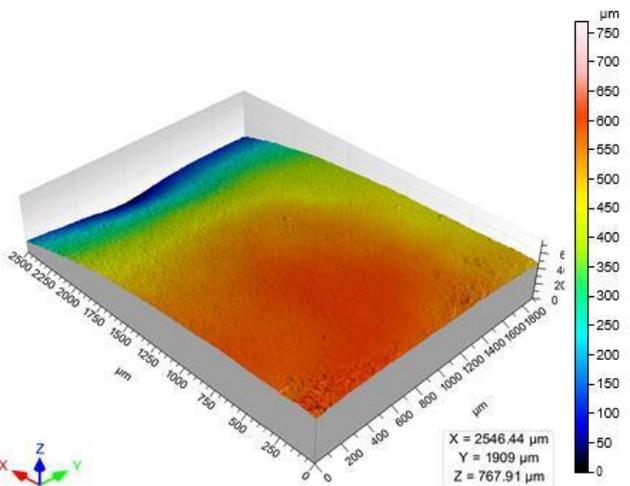
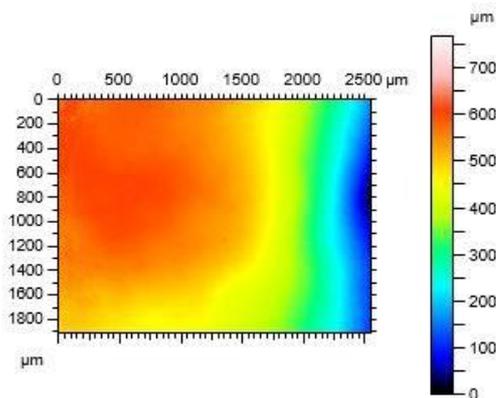
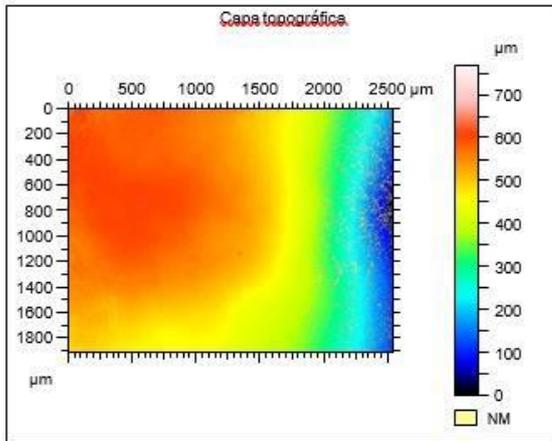
Functional Parameters (Stratified surfaces)

Sk	0.17895	μm
Spk	0.230586	μm
Svk	0.351783	μm
Smr1	13.1345	%
Smr2	88.4345	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	

Parámetros funcionales (Volumen)

Vm	1.24075	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vv	138.432	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmp	1.24075	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	124.37	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	120.05	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	18.3819	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

Muestra 85 Joven 10 segs.



EUR 15178N

Parámetros de amplitud

Sa	113.917	μm
Sq	140.078	μm
Sz	291.656	μm
Ssk	-1.01741	
Sku	3.05414	
Sp	318.534	μm
Sv	449.376	μm
St	767.91	μm

Otros parámetros 3D

Varios

Sdar	5241848	μm^2
Spar	4861154	μm^2
Smean	-32378.7	μm

ISO 25178

Parámetros funcionales

Smr	0.000226056	%
Smc	139.85	μm
Sxp	376.482	μm

Parámetros espaciales

Sal	408.594	μm
Str	0.400139	
Std	157.744	$^\circ$

Parámetros híbridos

Sdq	0.492511	
Sdr	7.83135	%

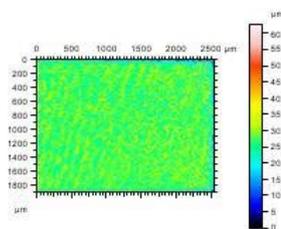
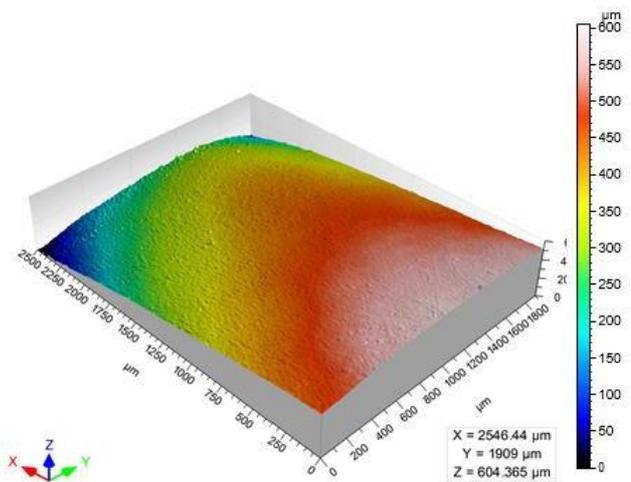
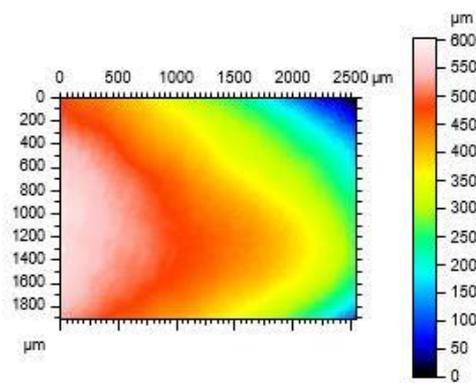
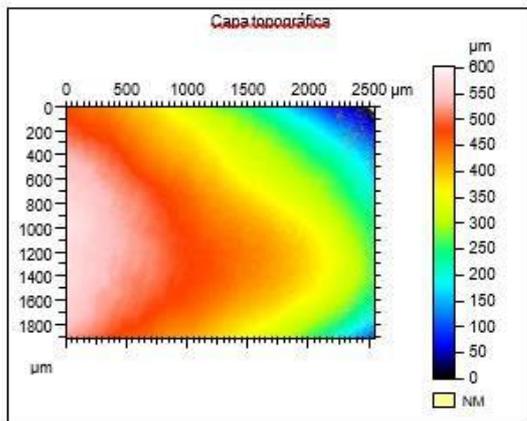
Functional Parameters (Stratified surfaces)

Sk	0.138287	μm
Spk	0.180375	μm
Svk	0.744213	μm
Smr1	16.06	%
Smr2	93.21	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	

Parámetros funcionales (Volumen)

Vm	0.759891	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vv	140.61	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmp	0.759891	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	144.23	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	117.351	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	23.2589	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

Muestra 86 Joven 15 segs.



EUR 15178N

Parámetros de amplitud

Sa	91.8968	μm
Sq	112.683	μm
Sz	282.632	μm
Ssk	-0.669392	
Sku	2.98447	
Sp	212.92	μm
Sv	391.445	μm
St	604.365	μm

Otros parámetros 3D

Varios

Sdar	5240686	μm^2
Spar	4861154	μm^2
Smean	-27384	μm

ISO 25178

Parámetros funcionales

Smr	0.00247029	%
Smc	135.347	μm
Sxp	273.758	μm

Parámetros espaciales

Sal	490.523	μm
Str	0.502686	
Std	7.74956	$^\circ$

Parámetros híbridos

Sdq	0.427148	
Sdr	7.80744	%

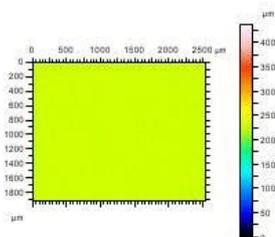
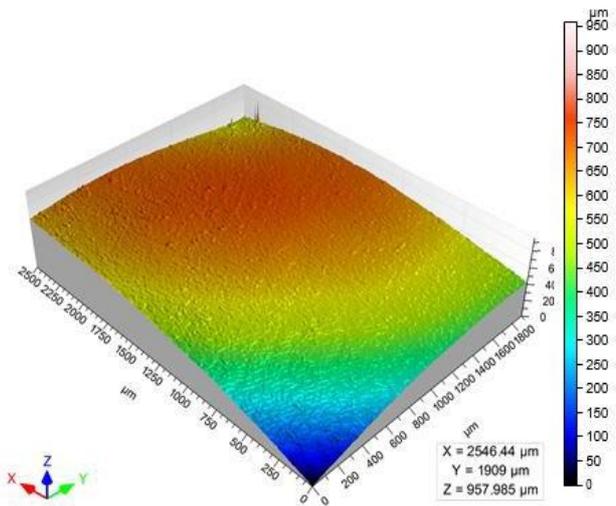
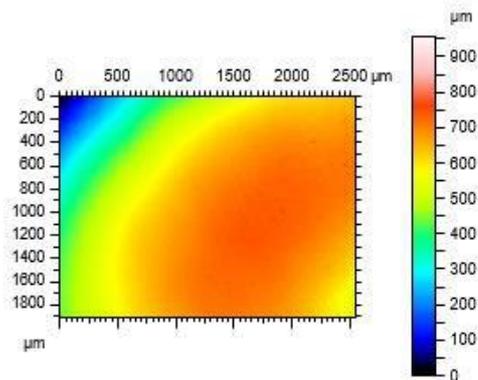
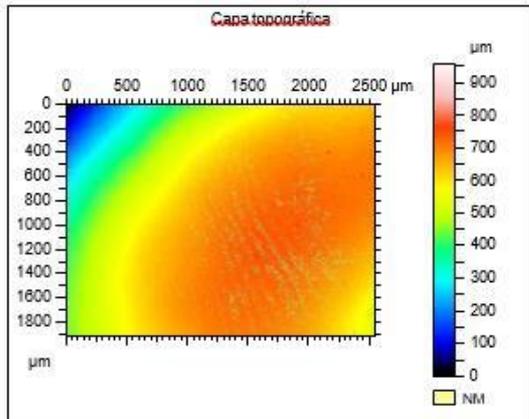
Functional Parameters (Stratified surface)

Sk	0.144242	μm
Spk	0.146361	μm
Svk	0.157495	μm
Smr1	11.783	%
Smr2	88.183	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	

Parámetros funcionales (Volumen)

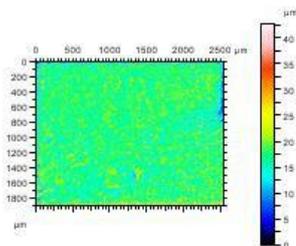
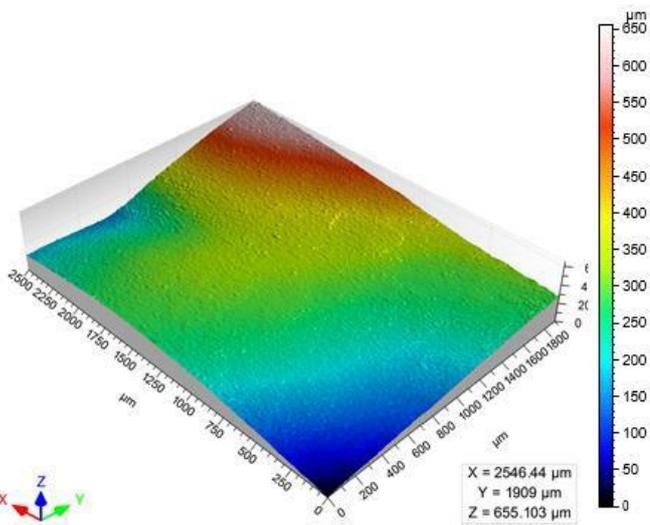
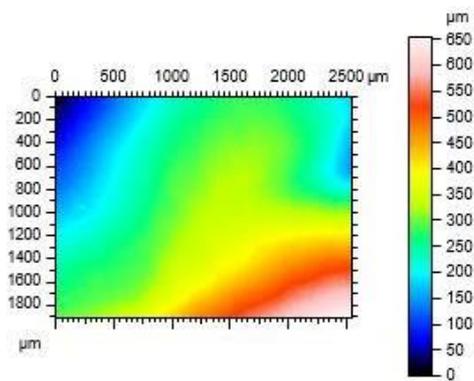
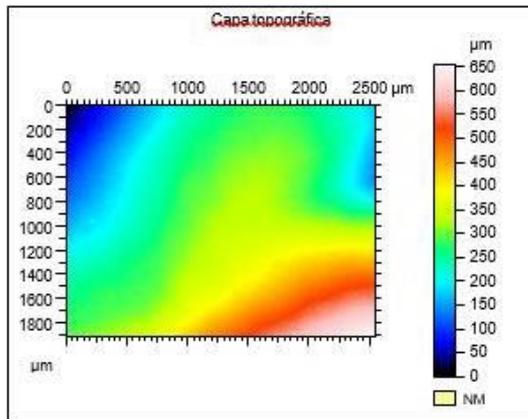
Vm	1.91147	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vv	137.258	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmp	1.91147	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	109.496	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	121.629	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	15.6294	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

Muestra 87 Joven 20 segs.



EUR 15178N		
Parámetros de amplitud		
Sa	106.306	μm
Sq	136.057	μm
Sz	451.881	μm
Ssk	-1.43579	
Sku	4.73602	
Sp	368.061	μm
Sv	589.924	μm
St	957.985	μm
Otros parámetros 3D		
Varios		
Sdar	5467164	μm^2
Spar	4861154	μm^2
Smean	-28216	μm
ISO 25178		
Parámetros funcionales		
Smr	0.000226056	%
Smc	123.526	μm
Sxp	416.294	μm
Parámetros espaciales		
Sal	520.729	μm
Str	0.52479	
Std	63.2554	$^\circ$
Parámetros híbridos		
Sdq	0.881319	
Sdr	12.4664	%
Functional Parameters (Stratified surfaces)		
Sk	0.219048	μm
Spk	0.25355	μm
Svk	0.809203	μm
Smr1	9.0775	%
Smr2	89.2275	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	
Parámetros funcionales (Volumen)		
Vm	0.747394	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vv	124.273	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmp	0.747394	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	125.82	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	98.948	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	25.3252	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

Muestra 88 Adulto 10 segs



EUR 15178N

Parámetros de amplitud

Sa	82.0599	μm
Sq	110.628	μm
Sz	200.597	μm
Ssk	0.565899	
Sku	3.58432	
Sp	359.237	μm
Sv	295.866	μm
St	655.103	μm

Otros parámetros 3D

Varios

Sdar	5232642	μm^2
Spar	4861154	μm^2
Smean	-25100	μm

ISO 25178

Parámetros funcionales

Smr	0.000678168	%
Smc	159.824	μm
Sxp	193.659	μm

Parámetros espaciales

Sal	494.946	μm
Str	0.476043	
Std	7.99721	$^\circ$

Parámetros híbridos

Sdq	0.412885	
Sdr	7.64196	%

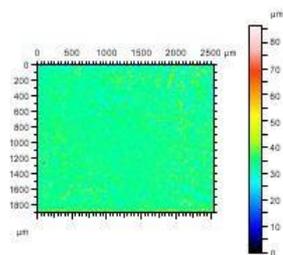
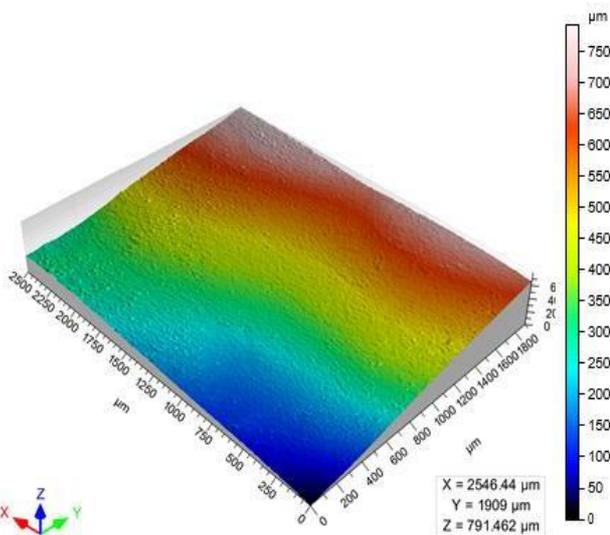
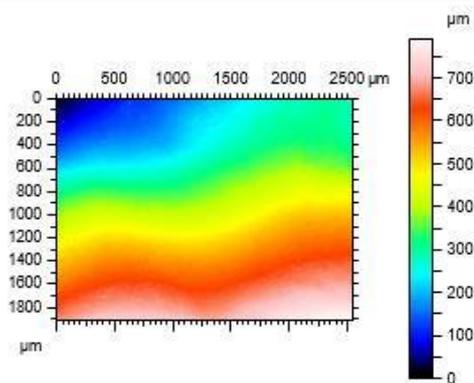
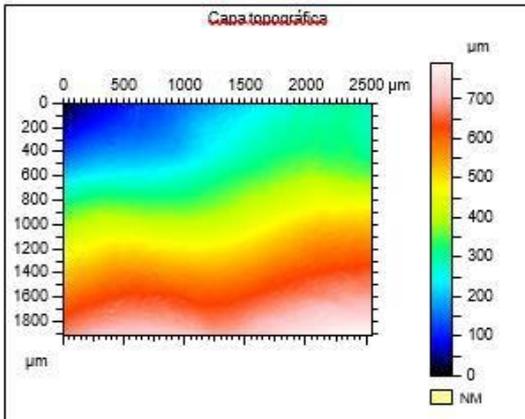
Functional Parameters (Stratified surfaces)

Sk	0.164202	μm
Spk	0.127022	μm
Svk	0.136457	μm
Smr1	11.079	%
Smr2	88.479	%
Spq	0.0732225	
Svq	2.19733	
Smq	99.8407	

Parámetros funcionales (Volumen)

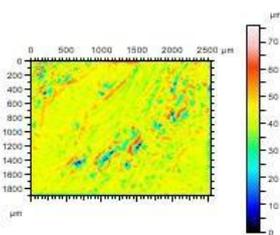
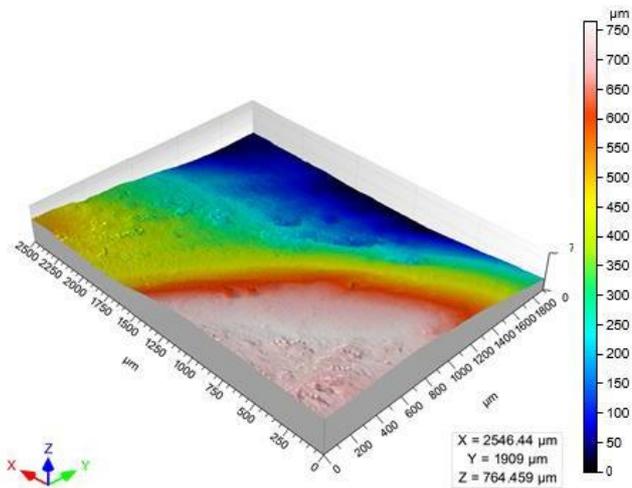
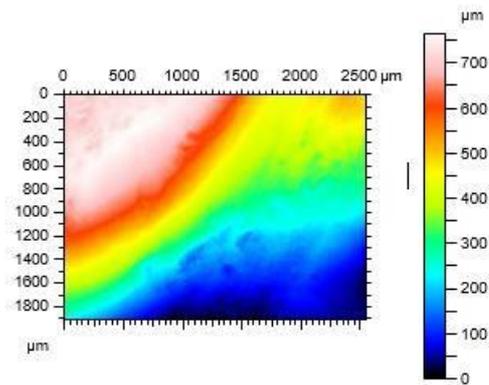
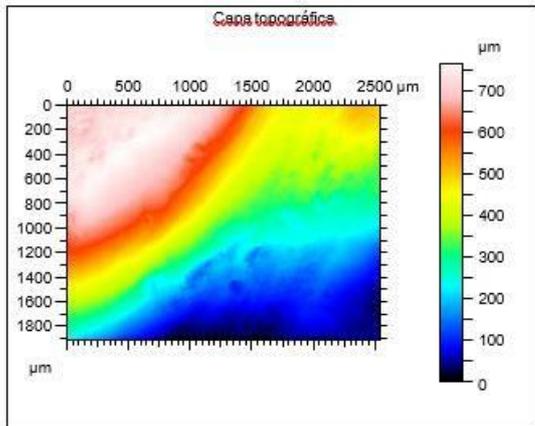
Vm	7.09829	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vv	166.923	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmp	7.09829	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	87.0658	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	155.205	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	11.718	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

Muestra 89 Adulto 15 segs.



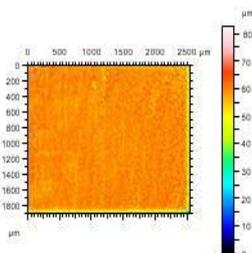
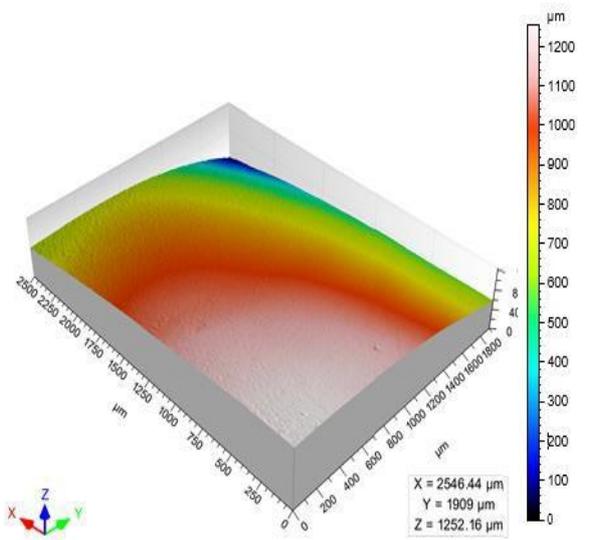
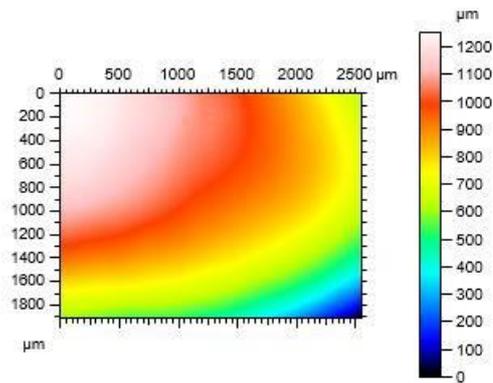
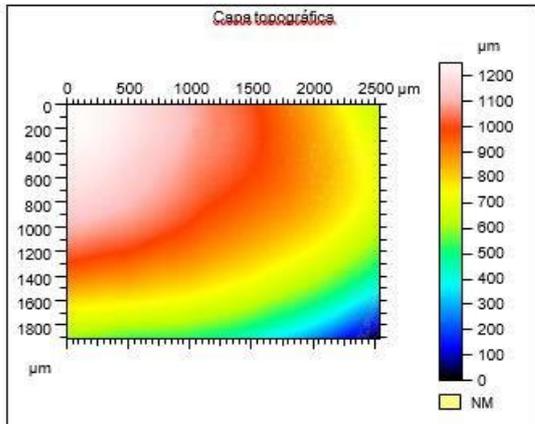
EUR 15178N		
Parámetros de amplitud		
Sa	155.125	μm
Sq	179.955	μm
Sz	332.507	μm
Ssk	-0.0849511	
Sku	1.95874	
Sp	363.786	μm
Sv	427.676	μm
St	791.462	μm
Otros parámetros 3D		
Varios		
Sdar	5560650	μm^2
Spar	4861154	μm^2
Smean	-27675.4	μm
ISO 25178		
Parámetros funcionales		
Smr	0.000963787	%
Smc	239.429	μm
Sxp	326.077	μm
Parámetros espaciales		
Sal	352.646	μm
Str	0.270919	
Std	178.245	$^\circ$
Parámetros híbridos		
Sdq	0.604207	
Sdr	14.3895	%
Functional Parameters (Stratified surfaces)		
Sk	0.199958	μm
Spk	0.207209	μm
Svk	0.216365	μm
Smr1	14.382	%
Smr2	87.132	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	
Parámetros funcionales (Volumen)		
Vm	3.57489	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vv	243.004	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmp	3.57489	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	179.879	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	225.889	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	17.1144	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

Muestra 90 Adulto 20 segs.



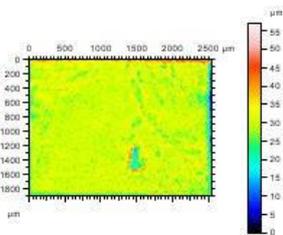
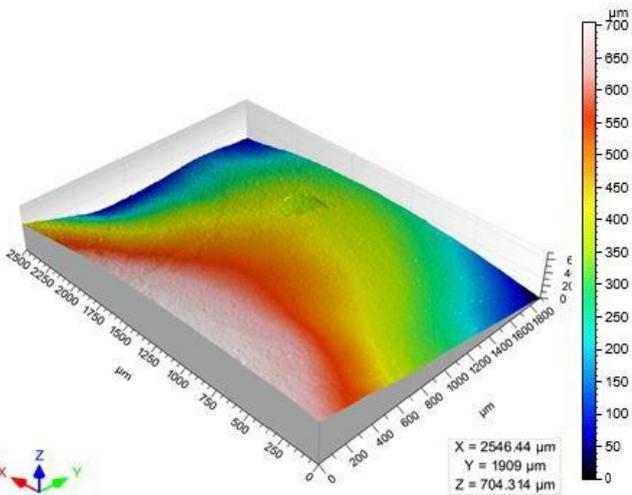
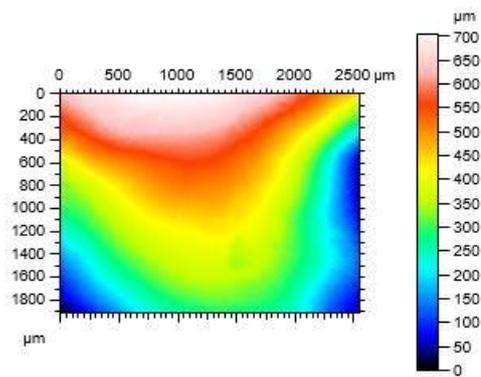
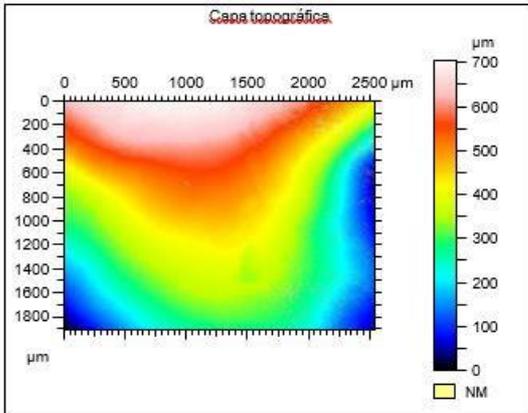
EUR 15178N		
Parámetros de amplitud		
Sa	191.892	μm
Sq	224.657	μm
Sz	364.351	μm
Ssk	0.163231	
Sku	1.81829	
Sp	388.261	μm
Sv	376.198	μm
St	764.459	μm
Otros parámetros 3D		
Varios		
Sdar	5603077	μm^2
Spar	4861154	μm^2
Smean	-29865.4	μm
ISO 25178		
Parámetros funcionales		
Smr	0.019485	%
Smc	338.846	μm
Sxp	331.118	μm
Parámetros espaciales		
Sal	480.216	μm
Str	0.377426	
Std	39.7637	$^\circ$
Parámetros híbridos		
Sdq	0.619433	
Sdr	15.2623	%
Functional Parameters (Stratified surfac		
Sk	0.137502	μm
Spk	0.224789	μm
Svk	0.272772	μm
Smr1	10.1935	%
Smr2	84.7435	%
Spq	0.0654793	
Svq	3.4842	
Smq	99.6771	
Parámetros funcionales (Volumen)		
Vm	1.97523	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vv	340.821	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmp	1.97523	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	240.937	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	327.001	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	13.8199	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

Muestra 91 Adulto 10 segs.



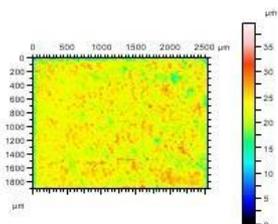
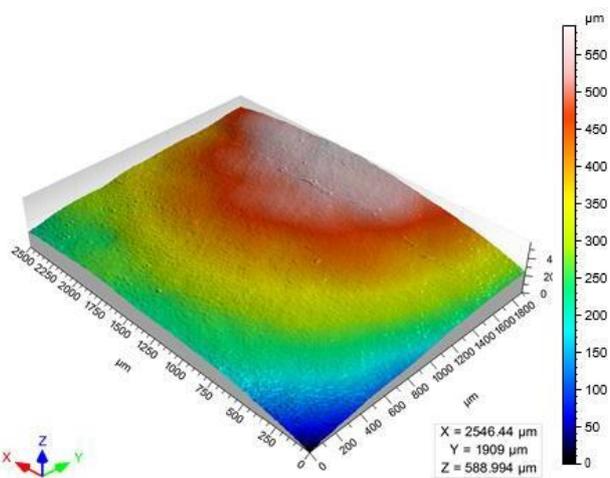
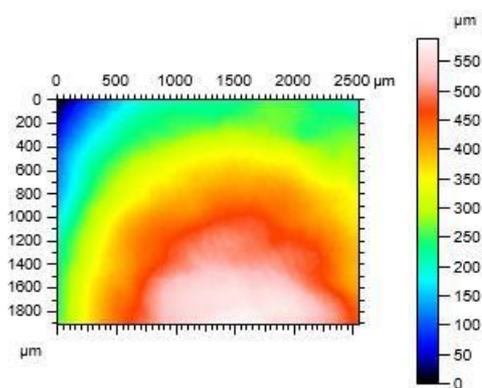
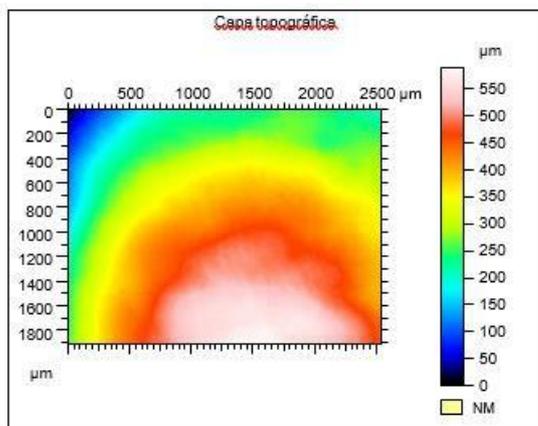
EUR 15178N		
Parámetros de amplitud		
Sa	188.172	μm
Sq	231.989	μm
Sz	214.112	μm
Ssk	-0.523565	
Sku	3.00742	
Sp	399.11	μm
Sv	853.052	μm
St	1252.16	μm
Otros parámetros 3D		
Varios		
Sdar	5499771	μm ²
Spar	4861154	μm ²
Smean	-31226.5	μm
ISO 25178		
Parámetros funcionales		
Smr	0.00392932	%
Smc	295.102	μm
Sxp	535.976	μm
Parámetros espaciales		
Sal	457.859	μm
Str	0.359028	
Std	85.4955	°
Parámetros híbridos		
Sdq	0.547896	
Sdr	13.1371	%
Functional Parameters (Stratified surface)		
Sk	0.128282	μm
Spk	0.213156	μm
Svk	0.242085	μm
Smr1	10.9798	%
Smr2	87.5298	%
Spq	0.0603124	
Svq	4.18933	
Smq	99.6144	
Parámetros funcionales (Volumen)		
Vm	4.9278	μm ³ /μm ²
Vv	300.03	μm ³ /μm ²
Vmp	4.9278	μm ³ /μm ²
Vmc	213.007	μm ³ /μm ²
Vvc	268.461	μm ³ /μm ²
Vvv	31.5687	μm ³ /μm ²

Muestra 92 Adulto 15 segs.



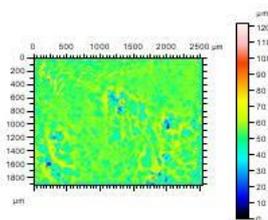
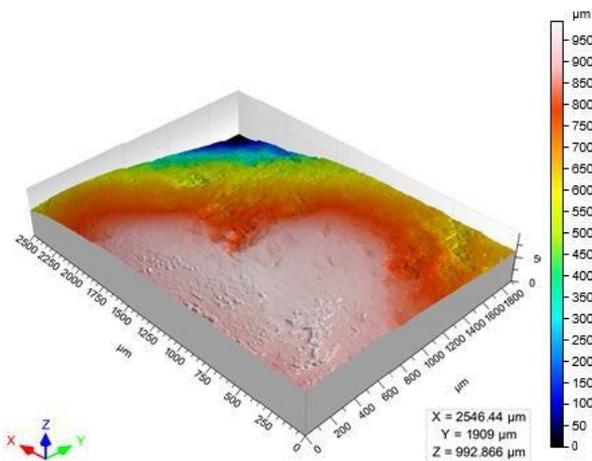
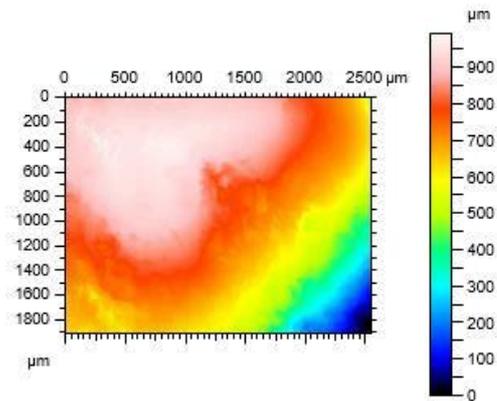
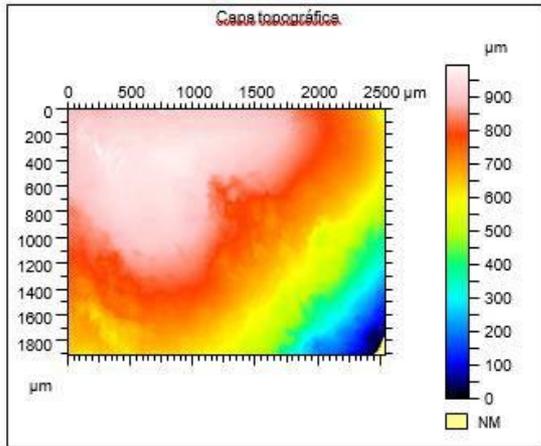
EUR 15178N		
Parámetros de amplitud		
Sa	129.576	μm
Sq	156.858	μm
Sz	340.702	μm
Ssk	0.0340728	
Sku	2.24624	
Sp	318.132	μm
Sv	386.181	μm
St	704.314	μm
Otros parámetros 3D		
Varios		
Sdar	5395936	μm^2
Spar	4861154	μm^2
Smean	-29397.1	μm
ISO 25178		
Parámetros funcionales		
Smr	0.00128384	%
Smc	226.681	μm
Sxp	282.654	μm
Parámetros espaciales		
Sal	470.025	μm
Str	0.369746	
Std	69.502	$^\circ$
Parámetros híbridos		
Sdq	0.497366	
Sdr	11.0011	%
Functional Parameters (Stratified surface)		
Sk	0.152883	μm
Spk	0.147257	μm
Svk	0.15827	μm
Smr1	11.2862	%
Smr2	88.3362	%
Spq	0.0676304	
Svq	2.18154	
Smq	99.7596	
Parámetros funcionales (Volumen)		
Vm	3.98982	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vv	230.671	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmp	3.98982	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	148.814	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	214.209	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	16.4618	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

Muestra 93 Adulto 20 segs.



EUR 15178N		
Parámetros de amplitud		
Sa	98.9918	μm
Sq	117.911	μm
Sz	249.637	μm
Ssk	-0.238452	
Sku	2.32751	
Sp	220.804	μm
Sv	368.191	μm
St	588.994	μm
Otros parámetros 3D		
Varios		
Sdar	5159852	μm ²
Spar	4861154	μm ²
Smean	-32861.4	μm
ISO 25178		
Parámetros funcionales		
Smr	0.00532601	%
Smc	157.787	μm
Sxp	244.629	μm
Parámetros espaciales		
Sal	469.871	μm
Str	0.368846	
Std	65.2537	°
Parámetros híbridos		
Sdq	0.362379	
Sdr	6.14458	%
Functional Parameters (Stratified surface)		
Sk	0.115021	μm
Spk	0.106452	μm
Svk	0.118407	μm
Smr1	11.7505	%
Smr2	89.2005	%
Spq	0.0497337	
Svq	1.17036	
Smq	99.5179	
Parámetros funcionales (Volumen)		
Vm	2.50967	μm ³ /μm ²
Vv	160.297	μm ³ /μm ²
Vmp	2.50967	μm ³ /μm ²
Vmc	121.528	μm ³ /μm ²
Vvc	149.318	μm ³ /μm ²
Vvv	10.9789	μm ³ /μm ²

Muestra 94 Adulto 10 segs.



EUR 15178N

Parámetros de amplitud

Sa	153.671	μm
Sq	198.507	μm
Sz	328.28	μm
Ssk	-1.16693	
Sku	4.15628	
Sp	273.277	μm
Sv	719.589	μm
St	992.866	μm

Otros parámetros 3D

Varios

Sdar	5761737	μm^2
Spar	4861154	μm^2
Smean	-31173.5	μm

ISO 25178

Parámetros funcionales

Smr	0.000679793	%
Smc	209.561	μm
Sxp	561.083	μm

Parámetros espaciales

Sal	529.444	μm
Str	0.553877	
Std	85.7551	$^\circ$

Parámetros híbridos

Sdq	0.733286	
Sdr	18.5261	%

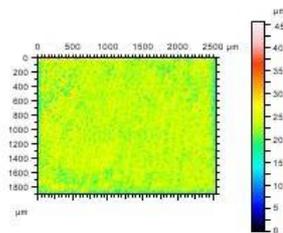
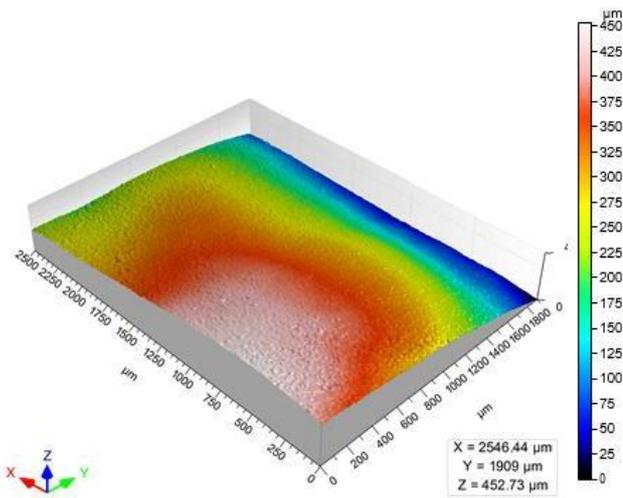
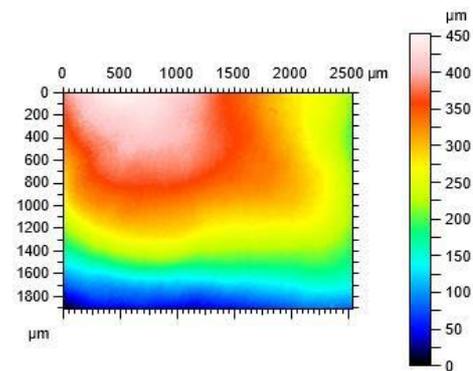
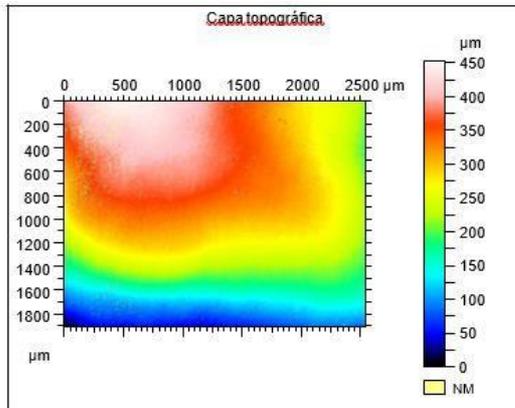
Functional Parameters (Stratified surfaces)

Sk	0.129431	μm
Spk	0.212518	μm
Svk	0.249618	μm
Smr1	15.4967	%
Smr2	81.2468	%
Spq	0.084757	
Svq	3.14918	
Smq	99.5985	

Parámetros funcionales (Volumen)

Vm	1.39366	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vv	210.955	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmp	1.39366	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	166.244	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	173.269	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	37.6861	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

Muestra 95 Adulto 15 segs.



EUR 15178N

Parámetros de amplitud

Sa	82.0268	μm
Sq	99.6569	μm
Sz	158.967	μm
Ssk	-0.433942	
Sku	2.34176	
Sp	184.841	μm
Sv	267.89	μm
St	452.73	μm

Otros parámetros 3D

Varios

Sdar	5196297	μm^2
Spar	4861154	μm^2
Smean	-30624.9	μm

ISO 25178

Parámetros funcionales

Smr	0.00195006	%
Smc	124.056	μm
Sxp	217.3	μm

Parámetros espaciales

Sal	335.1	μm
Str	0.259281	
Std	61.0044	$^\circ$

Parámetros híbridos

Sdq	0.386649	
Sdr	6.89431	%

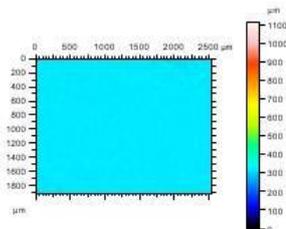
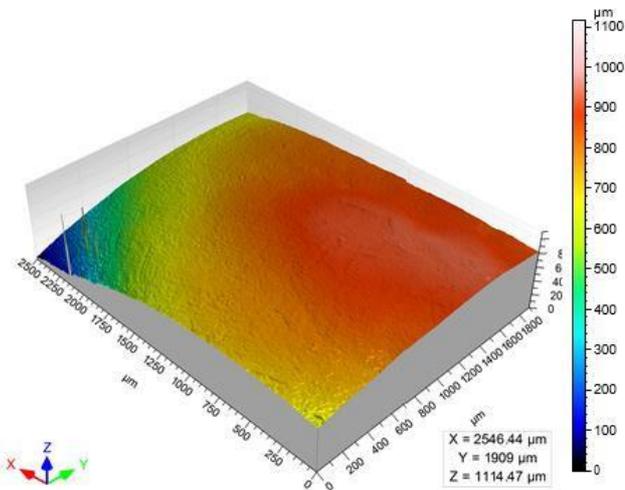
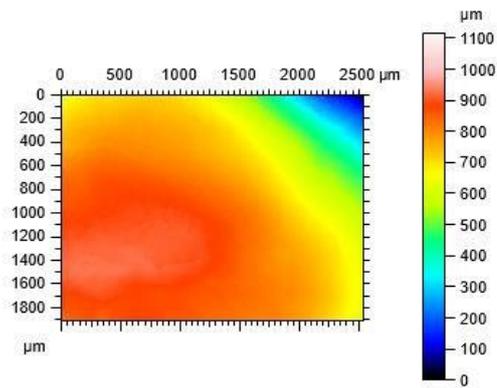
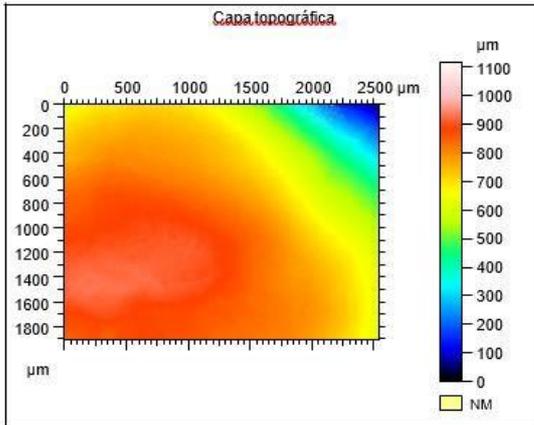
Functional Parameters (Stratified surface)

Sk	0.148106	μm
Spk	0.111705	μm
Svk	0.126705	μm
Smr1	11.169	%
Smr2	88.669	%
Spq	0.0645202	
Svq	0.580792	
Smq	99.431	

Parámetros funcionales (Volumen)

Vm	2.02391	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vv	126.08	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmp	2.02391	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	101.304	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	113.005	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	13.0742	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

Muestra 96 Adulto 20 segs.



EUR 15178N

Parámetros de amplitud

Sa	116.174	μm
Sq	155.46	μm
Sz	694.959	μm
Ssk	-1.56919	
Sku	5.6457	
Sp	371.517	μm
Sv	742.957	μm
St	1114.47	μm

Otros parámetros 3D

Varios

Sdar	5394879	μm ²
Spar	4861154	μm ²
Smean	-30555.5	μm

ISO 25178

Parámetros funcionales

Smr	0.000428893	%
Smc	149.521	μm
Sxp	486.973	μm

Parámetros espaciales

Sal	531.514	μm
Str	0.554172	
Std	64.9999	°

Parámetros híbridos

Sdq	1.85602	
Sdr	10.9794	%

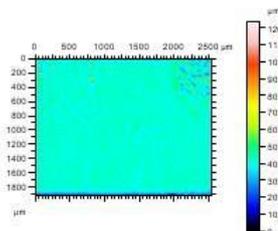
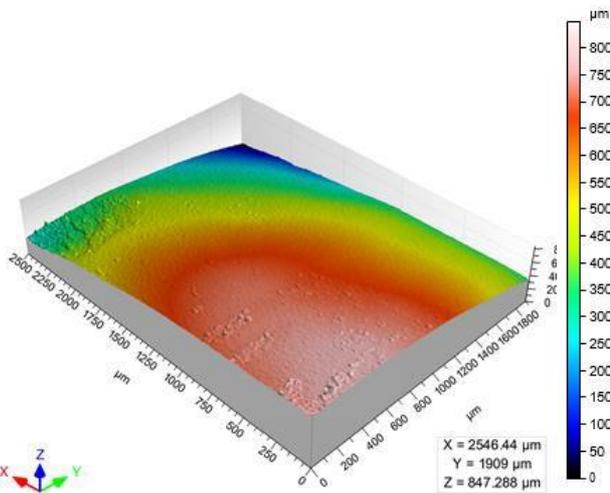
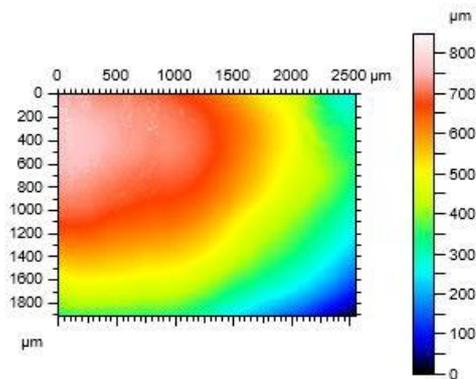
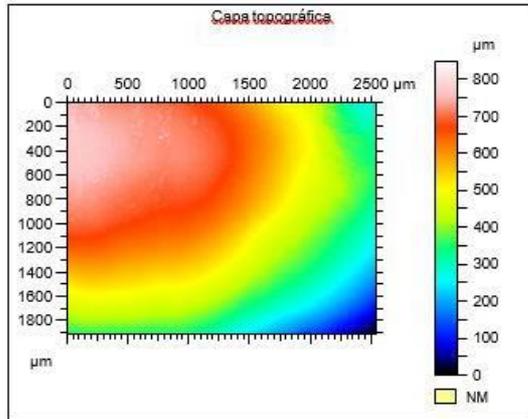
Functional Parameters (Stratified surfaces)

Sk	0	μm
Spk	0.396281	μm
Svk	0.214723	μm
Smr1	29.7	%
Smr2	29.7	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	

Parámetros funcionales (Volumen)

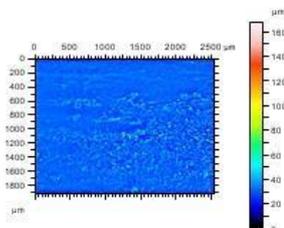
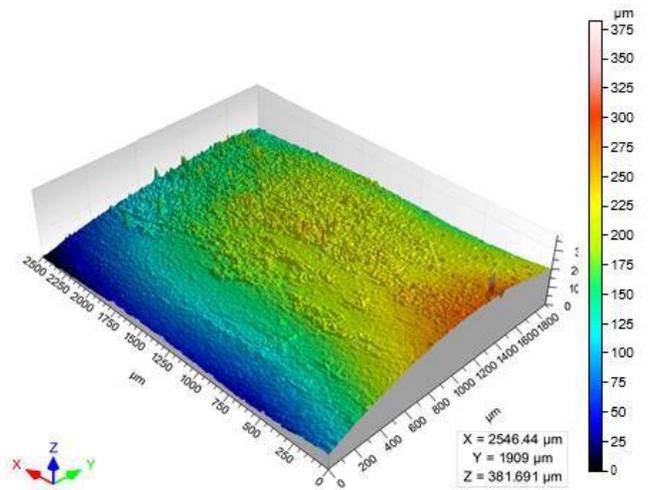
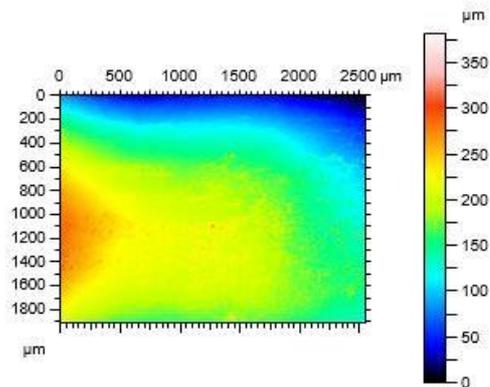
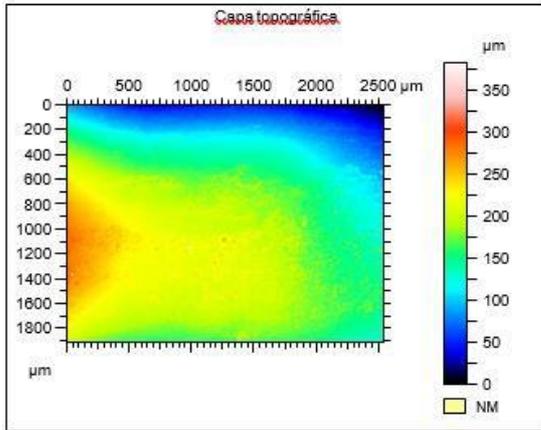
Vm	1.14602	μm ³ /μm ²
Vv	150.667	μm ³ /μm ²
Vmp	1.14602	μm ³ /μm ²
Vmc	123.841	μm ³ /μm ²
Vvc	119.011	μm ³ /μm ²
Vvv	31.656	μm ³ /μm ²

Muestra 97 Adulto Mayor 10 segs.



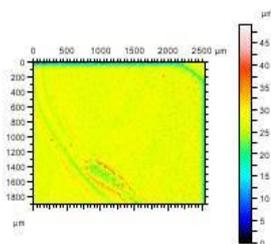
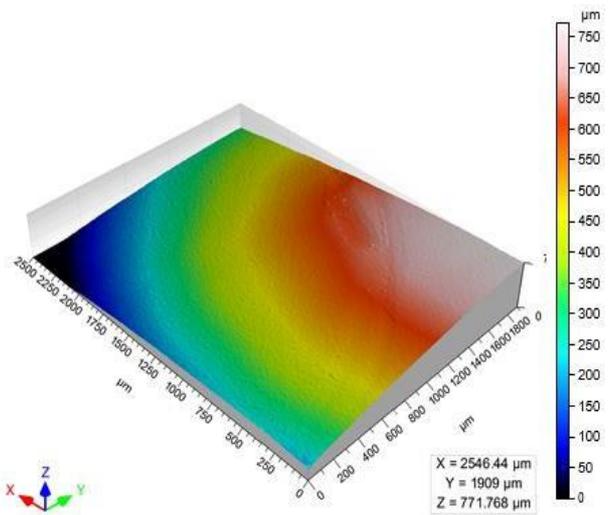
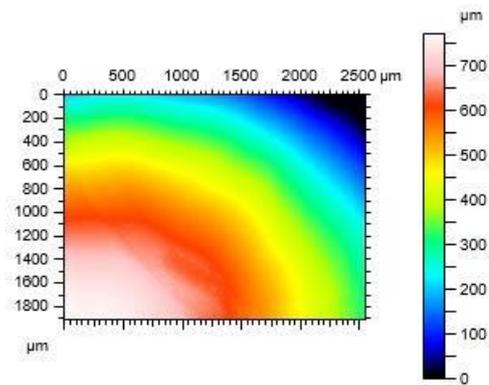
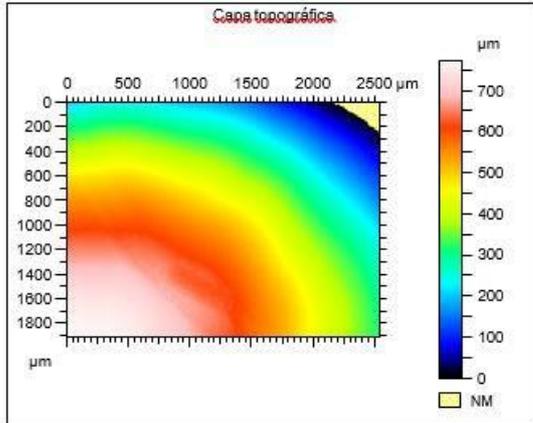
EUR 15178N		
Parámetros de amplitud		
Sa	142.638	μm
Sq	167.723	μm
Sz	265.948	μm
Ssk	-0.399521	
Sku	2.29037	
Sp	335.231	μm
Sv	512.057	μm
St	847.288	μm
Otros parámetros 3D		
Varios		
Sdar	5365328	μm ²
Spar	4861154	μm ²
Smean	-30296.6	μm
ISO 25178		
Parámetros funcionales		
Smr	0.00045211	%
	2	
Smc	207.218	μm
Sxp	357.035	μm
Parámetros espaciales		
Sal	531.312	μm
Str	0.553962	
Std	61.7496	°
Parámetros híbridos		
Sdq	0.553464	
Sdr	10.3715	%
Functional Parameters (Stratified surfaces)		
Sk	0.140857	μm
Spk	0.2203	μm
Svk	0.359086	μm
Smr1	9.9505	%
Smr2	85.8505	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	
Parámetros funcionales (Volumen)		
Vm	1.9329	μm ³ /μm ²
Vv	209.151	μm ³ /μm ²
Vmp	1.9329	μm ³ /μm ²
Vmc	171.623	μm ³ /μm ²
Vvc	190.818	μm ³ /μm ²
Vvv	18.3326	μm ³ /μm ²

Muestra 98 Adulto Mayor 15 segs.



EUR 15178N		
Parámetros de amplitud		
Sa	43.3247	μm
Sq	54.1736	μm
Sz	227.317	μm
Ssk	-0.537719	
Sku	2.86746	
Sp	217.664	μm
Sv	164.027	μm
St	381.691	μm
Otros parámetros 3D		
Varios		
Sdar	5604064	μm ²
Spar	4861154	μm ²
Smean	-31190.1	μm
ISO 25178		
Parámetros funcionales		
Smr	0.000226056	%
Smc	59.4198	μm
Sxp	128.486	μm
Parámetros espaciales		
Sal	415.574	μm
Str	0.32094	
Std	7.74711	°
Parámetros híbridos		
Sdq	0.83568	
Sdr	15.2826	%
Functional Parameters (Stratified surfaces)		
Sk	0.0901662	μm
Spk	0.251209	μm
Svk	0.204134	μm
Smr1	20.1497	%
Smr2	67.8997	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	
Parámetros funcionales (Volumen)		
Vm	2.1654	μm ³ /μm ²
Vv	61.5852	μm ³ /μm ²
Vmp	2.1654	μm ³ /μm ²
Vmc	50.1317	μm ³ /μm ²
Vvc	53.3808	μm ³ /μm ²
Vvv	8.20441	μm ³ /μm ²

Muestra 99 Adulto Mayor 20 segs.



EUR 15178N

Parámetros de amplitud

Sa	155.539	μm
Sq	185.573	μm
Sz	407.266	μm
Ssk	-0.167958	
Sku	2.23074	
Sp	344.103	μm
Sv	427.665	μm
St	771.768	μm

Otros parámetros 3D

Varios

Sdar	5226556	μm^2
Spar	4861154	μm^2
Smean	-33326.7	μm

ISO 25178

Parámetros funcionales

Smr	0.0158205	%
Smc	246.713	μm
Sxp	373.602	μm

Parámetros espaciales

Sal	497.48	μm
Str	0.391343	
Std	67.7492	$^\circ$

Parámetros híbridos

Sdq	0.401347	
Sdr	7.51677	%

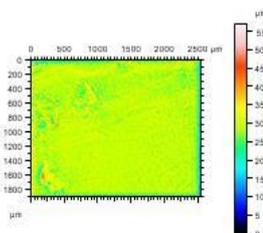
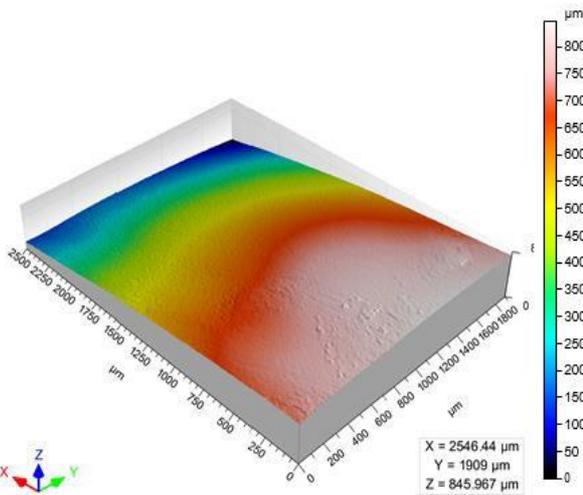
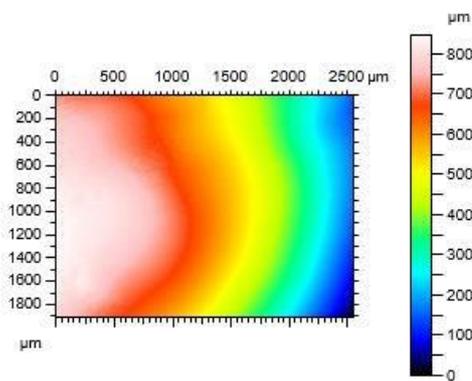
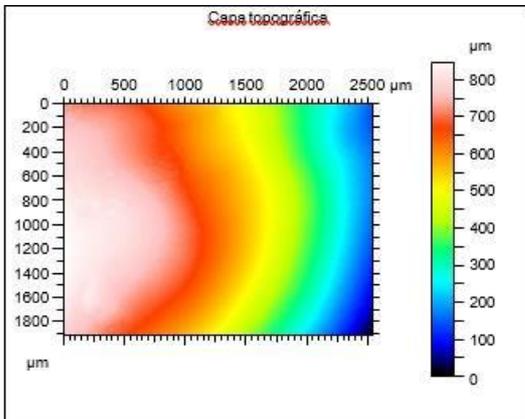
Functional Parameters (Stratified surfac

Sk	0.122429	μm
Spk	0.154272	μm
Svk	0.199687	μm
Smr1	11.1545	%
Smr2	89.4045	%
Spq	0.0541704	
Svq	3.77954	
Smq	99.7035	

Parámetros funcionales (Volumen)

Vm	4.57051	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vv	251.284	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmp	4.57051	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	181.624	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	231.394	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	19.8897	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

Muestra 100 Adulto Mayor 10 segs.



EUR 15178N

Parámetros de amplitud		
Sa	179.678	μm
Sq	209.071	μm
Sz	227.26	μm
Ssk	-0.449942	
Sku	2.01897	
Sp	306.673	μm
Sv	539.294	μm
St	845.967	μm

Otros parámetros 3D

Varios		
Sdar	5251227	μm ²
Spar	4861154	μm ²
Smean	-35597.2	μm

ISO 25178

Parámetros funcionales		
Smr	0.024627	%
Smc	250.117	μm
Sxp	436.605	μm

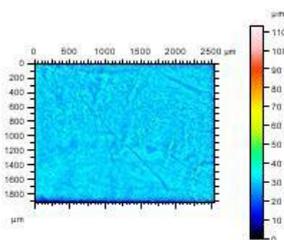
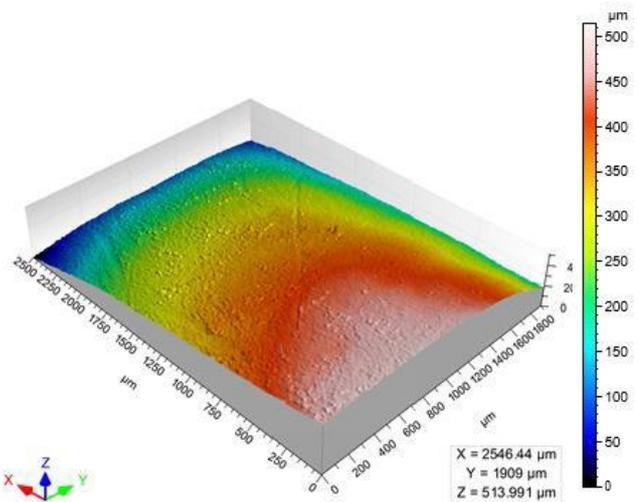
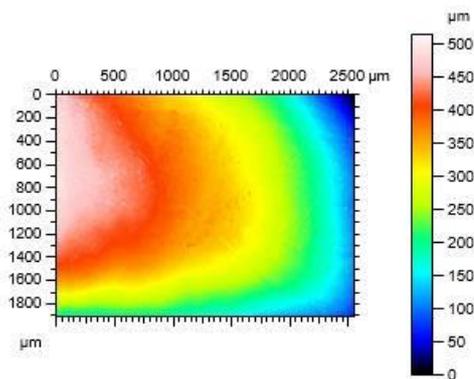
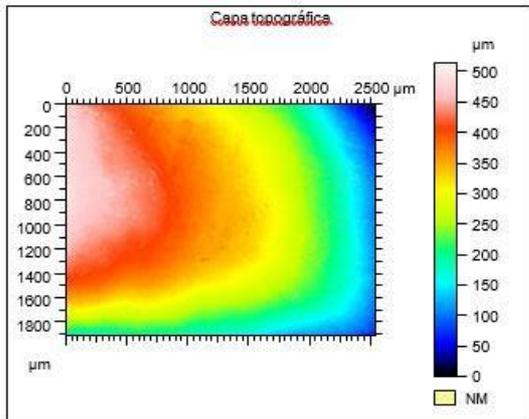
Parámetros espaciales		
Sal	425.507	μm
Str	0.412685	
Std	20.245	°

Parámetros híbridos		
Sdq	0.417321	
Sdr	8.02428	%

Functional Parameters (Stratified surfa		
Sk	0.111191	μm
Spk	0.151382	μm
Svk	0.189696	μm
Smr1	12.8475	%
Smr2	87.4475	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	

Parámetros funcionales (Volumen)		
Vm	2.04015	μm ³ /μm ²
Vv	252.158	μm ³ /μm ²
Vmp	2.04015	μm ³ /μm ²
Vmc	237.062	μm ³ /μm ²
Vvc	231.002	μm ³ /μm ²
Vvv	21.1553	μm ³ /μm ²

Muestra 101 Adulto Mayor 15 segs.



EUR 15178N

Parámetros de amplitud

Sa	89.8404	μm
Sq	106.245	μm
Sz	219.714	μm
Ssk	-0.240699	
Sku	2.11957	
Sp	215.688	μm
Sv	298.303	μm
St	513.991	μm

Otros parámetros 3D

Varios

Sdar	5312478	μm^2
Spar	4861154	μm^2
Smean	-34803.4	μm

ISO 25178

Parámetros funcionales

Smr	0.000226056	%
Smc	138.522	μm
Sxp	207.839	μm

Parámetros espaciales

Sal	461.085	μm
Str	0.466772	
Std	106.995	$^\circ$

Parámetros híbridos

Sdq	0.498747	
Sdr	9.28429	%

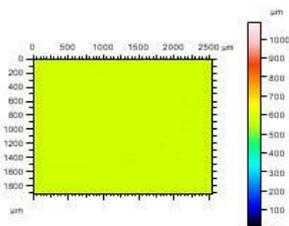
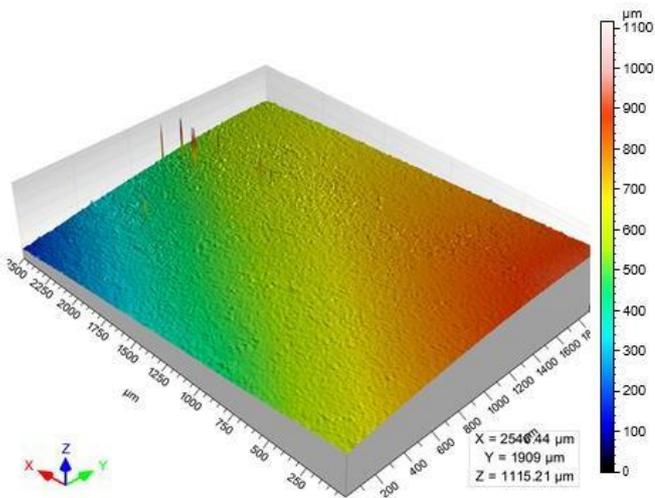
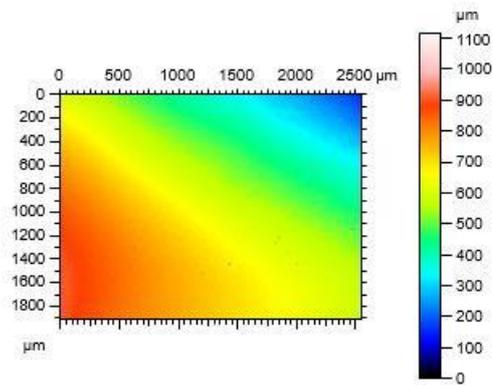
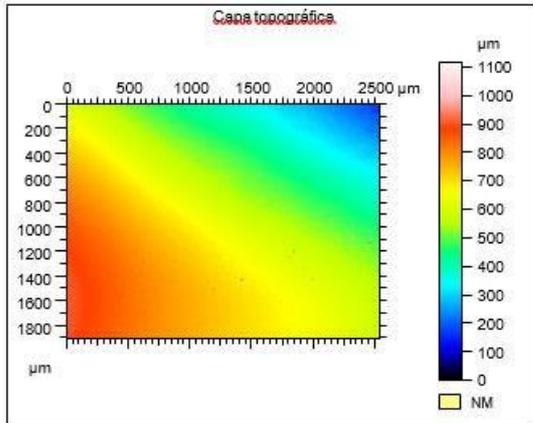
Functional Parameters (Stratified surfaces)

Sk	0.155818	μm
Spk	0.178078	μm
Svk	0.240989	μm
Smr1	11.8717	%
Smr2	88.3217	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	

Parámetros funcionales (Volumen)

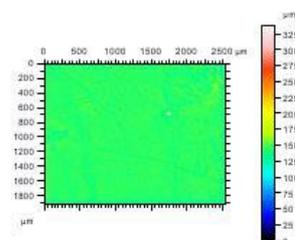
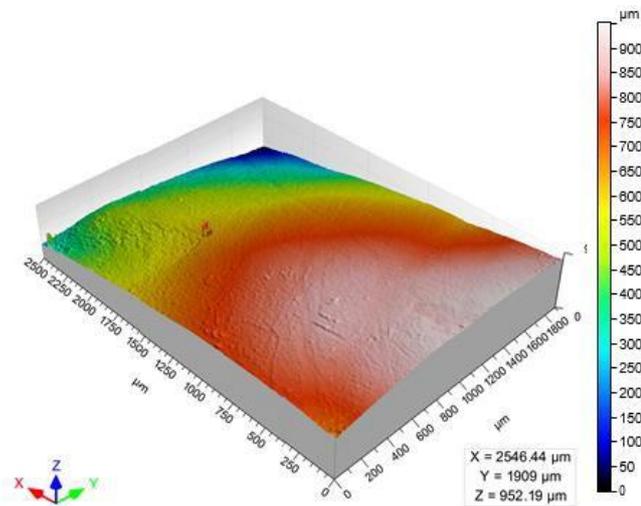
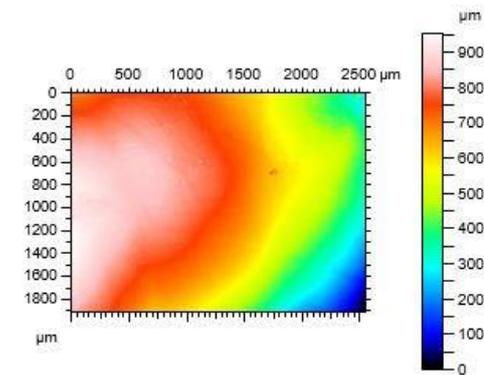
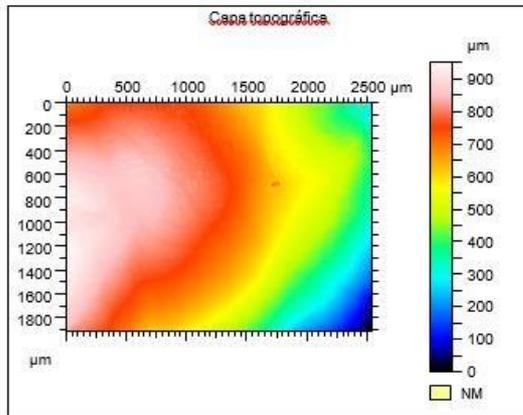
Vm	2.12111	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vv	140.643	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmp	2.12111	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	111.38	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	129.94	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	10.7035	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

Muestra 102 Adulto Mayor 20 segs.



EUR 15178N		
Parámetros de amplitud		
Sa	131.442	μm
Sq	161.133	μm
Sz	417.401	μm
Ssk	-0.315581	
Sku	2.46573	
Sp	516.339	μm
Sv	598.868	μm
St	1115.21	μm
Otros parámetros 3D		
Varios		
Sdar	5961362	μm ²
Spar	4861154	μm ²
Smean	-34872.3	μm
ISO 25178		
Parámetros funcionales		
Smr	0.000226056	%
Smc	210.184	μm
Sxp	342.155	μm
Parámetros espaciales		
Sal	500.285	μm
Str	0.394085	
Std	2.75064	°
Parámetros híbridos		
Sdq	2.89717	
Sdr	22.6326	%
Functional Parameters (Stratified surfaces)		
Sk	0	μm
Spk	0.65126	μm
Svk	0.409286	μm
Smr1	7.6	%
Smr2	7.6	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	
Parámetros funcionales (Volumen)		
Vm	3.98613	μm ³ /μm ²
Vv	214.17	μm ³ /μm ²
Vmp	3.98613	μm ³ /μm ²
Vmc	158.096	μm ³ /μm ²
Vvc	194.39	μm ³ /μm ²
Vvv	19.7794	μm ³ /μm ²

Muestra 103 Adulto Mayor 10 segs.



EUR 15178N

Parámetros de amplitud

Sa	163.482	μm
Sq	194.787	μm
Sz	338.062	μm
Ssk	-0.724683	
Sku	2.74084	
Sp	311.934	μm
Sv	640.257	μm
St	952.19	μm

Otros parámetros 3D

Varios

Sdar	5554164	μm^2
Spar	4861154	μm^2
Smean	-34529.5	μm

ISO 25178

Parámetros funcionales

Smr	0.000926925	%
Smc	214.255	μm
Sxp	488.64	μm

Parámetros espaciales

Sal	483.963	μm
Str	0.480356	
Std	4.25154	$^\circ$

Parámetros híbridos

Sdq	0.943759	
Sdr	14.2561	%

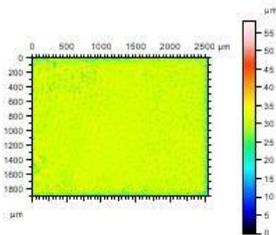
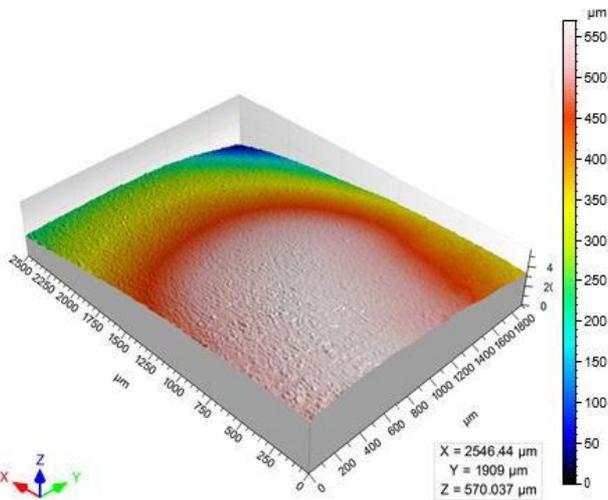
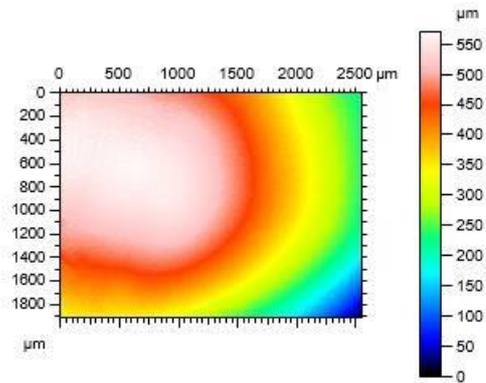
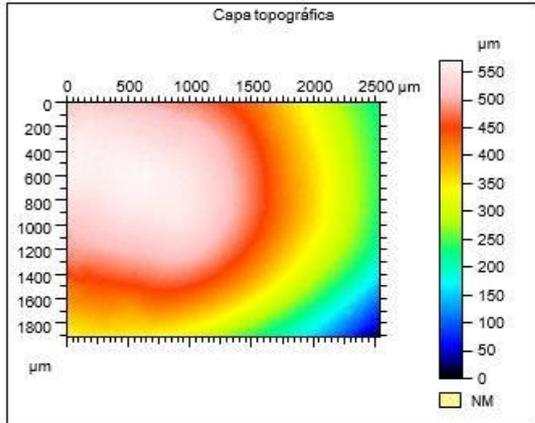
Functional Parameters (Stratified surfaces)

Sk	0.177739	μm
Spk	0.262744	μm
Svk	0.919075	μm
Smr1	13.7658	%
Smr2	92.3158	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	

Parámetros funcionales (Volumen)

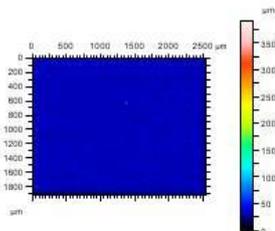
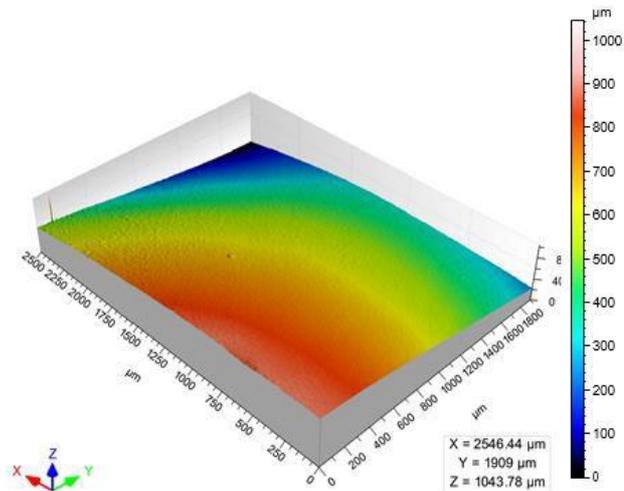
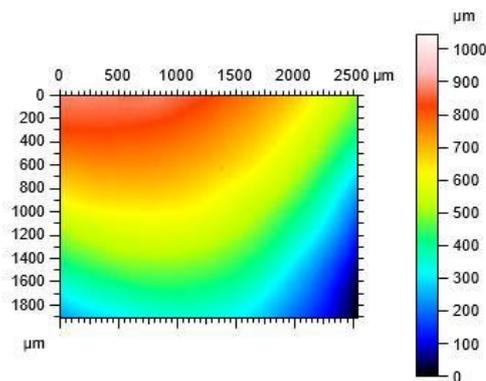
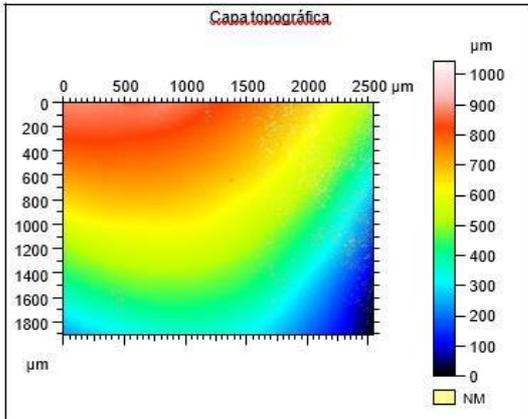
Vm	3.01309	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vv	217.268	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmp	3.01309	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	200.76	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	191.332	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	25.936	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

Muestra 104 Adulto Mayor 15 segs.



EUR 15178N		
Parámetros de amplitud		
Sa	99.5352	μm
Sq	117.674	μm
Sz	185.243	μm
Ssk	-0.636463	
Sku	2.58613	
Sp	160.187	μm
Sv	409.85	μm
St	570.037	μm
Otros parámetros 3D		
Varios		
Sdar	5208453	μm^2
Spar	4861154	μm^2
Smean	-31817.1	μm
ISO 25178		
Parámetros funcionales		
Smr	0.000793128	%
Smc	136.394	μm
Sxp	277.706	μm
Parámetros espaciales		
Sal	559.987	μm
Str	0.564353	
Std	5.00214	$^\circ$
Parámetros híbridos		
Sdq	0.393623	
Sdr	7.14436	%
Functional Parameters (Stratified surfaces)		
Sk	0.146846	μm
Spk	0.123565	μm
Svk	0.135583	μm
Smr1	12.344	%
Smr2	88.344	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	
Parámetros funcionales (Volumen)		
Vm	0.6938	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vv	137.088	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmp	0.6938	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	124.107	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	122.742	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	14.3463	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

Muestra 105 Adulto Mayor 20 segs.



EUR 15178N

Parámetros de amplitud

Sa	160.859	μm
Sq	194.06	μm
Sz	333.062	μm
Ssk	-0.241687	
Sku	2.39299	
Sp	517.508	μm
Sv	526.269	μm
St	1043.78	μm

Otros parámetros 3D

Varios

Sdar	5376799	μm ²
Spar	4861154	μm ²
Smean	-29833.8	μm

ISO 25178

Parámetros funcionales

Smr	0.000226056	%
Smc	259.523	μm
Sxp	408.778	μm

Parámetros espaciales

Sal	463.597	μm
Str	0.363527	
Std	60.7426	°

Parámetros híbridos

Sdq	0.686735	
Sdr	10.6074	%

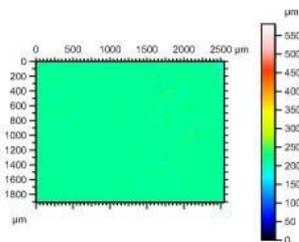
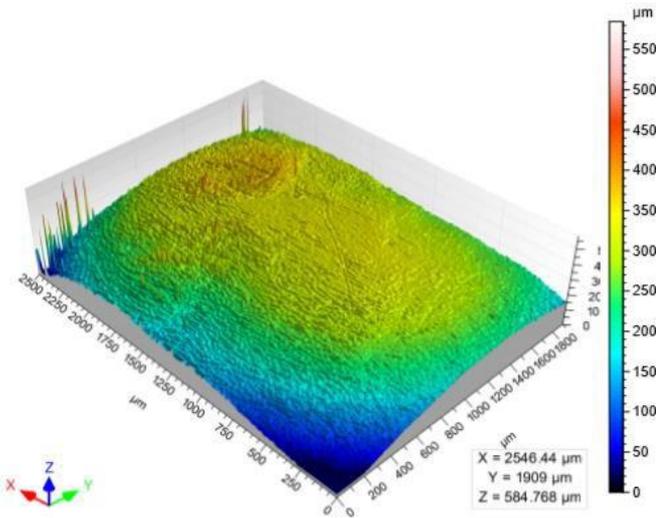
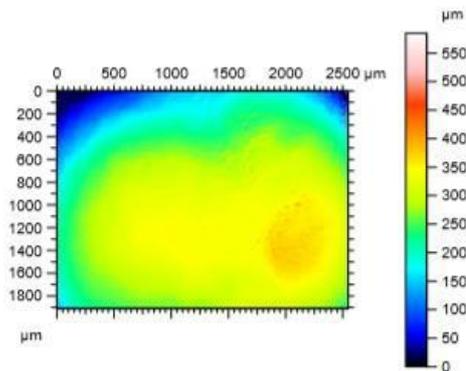
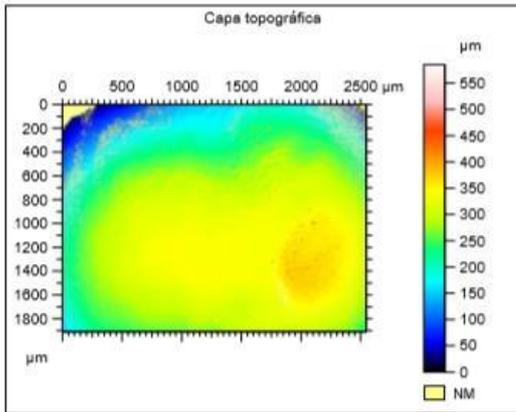
Functional Parameters (Stratified surfaces)

Sk	0.17582	μm
Spk	0.310709	μm
Svk	0.283987	μm
Smr1	6.2845	%
Smr2	85.2345	%
Spq	0.0686895	
Svq	3.49533	
Smq	99.6652	

Parámetros funcionales (Volumen)

Vm	4.35275	μm ³ /μm ²
Vv	263.876	μm ³ /μm ²
Vmp	4.35275	μm ³ /μm ²
Vmc	188.039	μm ³ /μm ²
Vvc	242.05	μm ³ /μm ²
Vvv	21.8251	μm ³ /μm ²

Muestra Referente Joven No Grabado



EUR 15178N

Parámetros de amplitud

Sa	58.1836	μm
Sq	73.367	μm
Sz	325.912	μm
Ssk	-1.16539	
Sku	4.05189	
Sp	313.016	μm
Sv	271.752	μm
St	584.768	μm

Otros parámetros 3D

Varios

Sdar	6125306	μm^2
Spar	4861154	μm^2
Smean	-26075.8	μm

ISO 25178

Parámetros funcionales

Smr	0.000226056	%
Smc	70.6259	μm
Sxp	213.766	μm

Parámetros espaciales

Sal	460.563	μm
Str	0.355683	
Std	9.2508	$^\circ$

Parámetros híbridos

Sdq	1.72536	
Sdr	26.0052	%

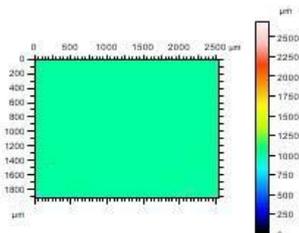
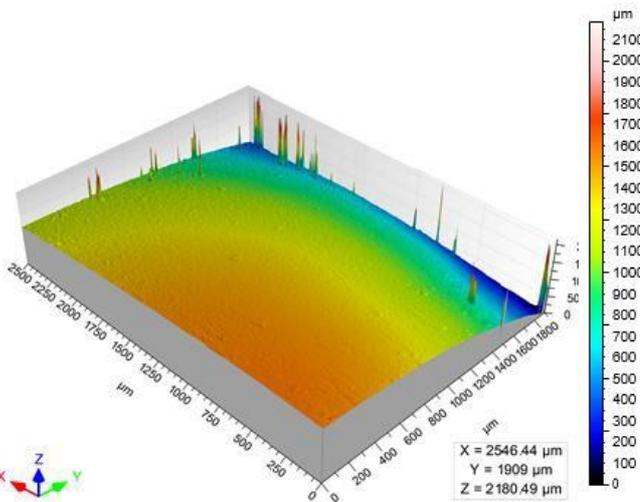
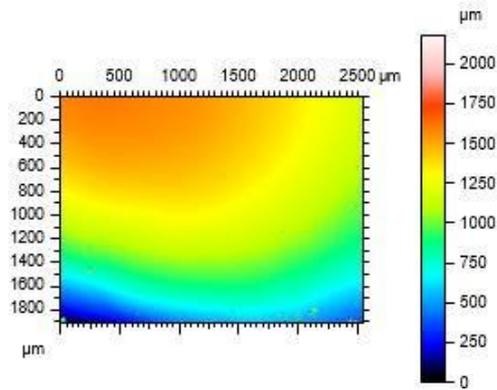
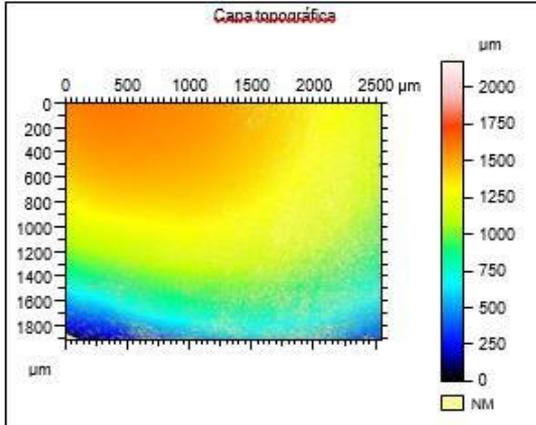
Functional Parameters (Stratified surfaces)

Sk	0	μm
Spk	0.36088	μm
Svk	0.291827	μm
Smr1	33.1	%
Smr2	33.1	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	

Parámetros funcionales (Volumen)

Vm	1.28008	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vv	71.906	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmp	1.28008	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	67.5028	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	59.2175	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	12.6884	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

Muestra Referente Adulto No Grabado



EUR 15178N

Parámetros de amplitud

Sa	266.124	μm
Sq	323.44	μm
Sz	515.027	μm
Ssk	-0.681251	
Sku	2.72467	
Sp	1063.03	μm
Sv	1117.46	μm
St	2180.49	μm

Otros parámetros 3D

Varios

Sdar	8304661	μm ²
Spar	4861154	μm ²
Smean	-17281.4	μm

ISO 25178

Parámetros funcionales

Smr	0.000226056	%
Smc	382.786	μm
Sxp	768.773	μm

Parámetros espaciales

Sal	326.96	μm
Str	0.252982	
Std	60.7487	°

Parámetros híbridos

Sdq	9.05275	
Sdr	70.8372	%

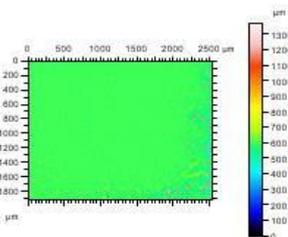
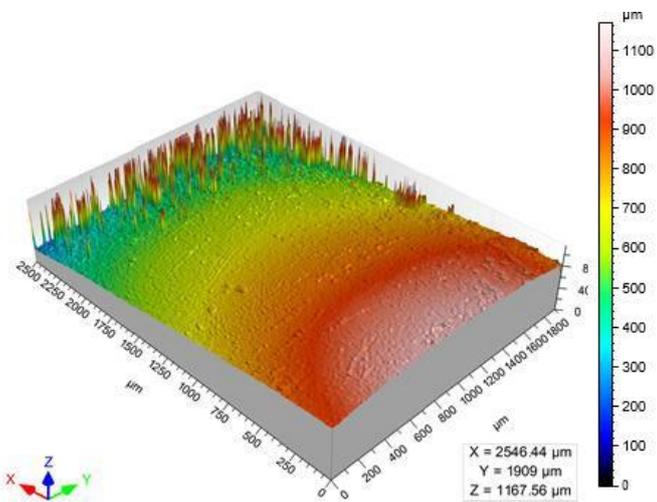
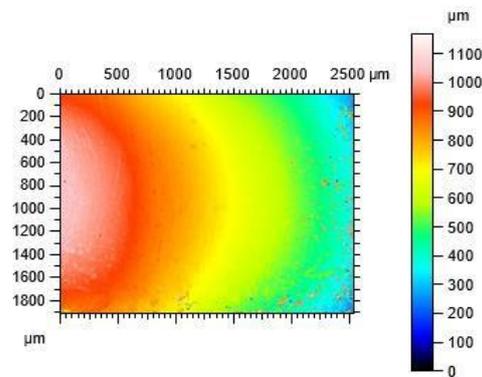
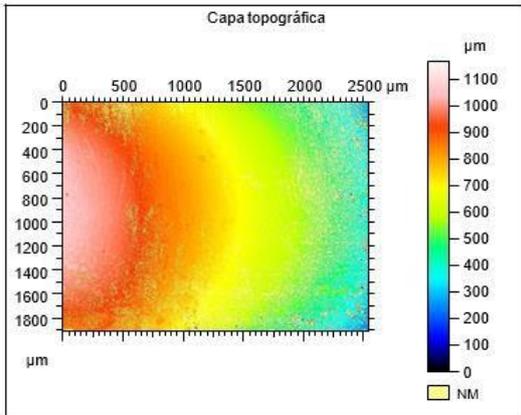
Functional Parameters (Stratified surfaces)

Sk	0	μm
Spk	1.97638	μm
Svk	0.728783	μm
Smr1	3.5	%
Smr2	3.5	%
Spq	*****	
Svq	*****	
Smq	*****	

Parámetros funcionales (Volumen)

Vm	3.70974	μm ³ /μm ²
Vv	386.495	μm ³ /μm ²
Vmp	3.70974	μm ³ /μm ²
Vmc	334.997	μm ³ /μm ²
Vvc	342.678	μm ³ /μm ²
Vvv	43.8171	μm ³ /μm ²

Muestra Referente Adulto Mayor
No Grabado



EUR 15178N		
Parámetros de amplitud		
Sa	171.966	μm
Sq	200.43	μm
Sz	683.452	μm
Ssk	-0.13787	
Sku	1.97769	
Sp	465.37	μm
Sv	702.192	μm
St	1167.56	μm
Otros parámetros 3D		
Varios		
Sdar	15474565	μm^2
Spar	4861154	μm^2
Smean	-18731.4	μm
ISO 25178		
Parámetros funcionales		
Smr	0.000226056	%
Smc	270.056	μm
Sxp	367.652	μm
Parámetros espaciales		
Sal	422.173	μm
Str	0.412422	
Std	95.9951	$^\circ$
Parámetros híbridos		
Sdq	14.7405	
Sdr	218.331	%
Functional Parameters (Stratified surfaces)		
Sk	0	μm
Spk	7.77092	μm
Svk	1.29818	μm
Smr1	6.8	%
Smr2	6.8	%
Spq	0.27319	
Svq	50.8739	
Smq	98.9196	
Parámetros funcionales (Volumen)		
Vm	3.3511	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vv	273.408	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmp	3.3511	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	210.216	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	255.188	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	18.2192	$\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

7.2.- Resumen Estadísticos de los resultados.

Mediante la Interferometría confocal se determinó la rugosidad de las diferentes muestras.

Usando para la evaluación superficial el sistema curva Abbott Firestone.

RESULTADOS - JOVEN

Variable	JOVEN								
	10 SEGUNDOS			15 SEGUNDOS			20 SEGUNDOS		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Sa	185.144 μm	87.2816μm	113.917μm	52.8353μm	180.415μm	91.8968μm	105.144μm	103.522μm	106.306μm
Sq	214.984 μm	106.975μm	140.078μm	68.0803μm	214.111μm	112.683μm	128.135μm	126.858μm	136.057μm
Sz	465.433 μm	365.158μm	291.656μm	266.461μm	358.006μm	282.632μm	340.963μm	490.13μm	451.881μm
Ssk	-0.262084	-0.930528	-1.01741	-1.17758	-0.23848	-0.669392	-0.478075	-0.964978	-1.43579
Sku	1.97	3.478505	3.05414	4.90396	2.16976	2.98447	2.66275	3.59237	4.73602
Sp	378.064μm	154.69μm	318.534μm	153.751μm	403.559μm	212.92μm	588.172μm	358.747μm	368.061μm
Sv	572.435μm	407.028μm	449.376μm	323.147μm	510.046μm	391.445μm	412.148μm	494.935μm	589.924μm
St	950.499μm	561.718μm	767.91μm	479.898μm	913.605μm	604.365μm	1000.32μm	853.681μm	957.985μm
Sdar	5693807μm ²	5218622μm ²	5241848μm ²	5486969μm ²	5485601μm ²	5240686μm ²	5844598μm ²	5519158μm ²	5467164μm ²
Spar	4861154μm ²								
Smean	-32025.8μm	-27998.4μm	-32378.7μm	-29517.3μm	-29883.8μm	-27384μm	-29027.5μm	-31156.2μm	-28216μm
Smr	0,00090%	0,0024146%	0,000226%	0,000452%	0,0007630%	0,002470%	0,000226%	0,0002260%	0,000226%
Smc	274.634μm	115.772μm	139.85μm	75.1265μm	279.33μm	135.347μm	155.436μm	137.191μm	123.526μm
Sxp	418.555μm	286.987μm	376.482μm	191.581μm	432.978μm	273.758μm	287.995μm	345.207μm	416.294μm
Sal	473.391μm	503.387μm	408.594μm	546.488μm	449.886μm	490,523μm	480.339μm	525.04μm	520.729μm
Str	0.466662	0.395637	0.400139	0.58069	0.450416	0.502686	0,494167	0,413023	0,52479
Std	74.501	65.2495	157.744	163.252	110.5	7.74956	95.2424	26.5101	63.2554
Sdq	0.672285	0.419741	0.492511	0.752623	0.635374	0.427148	1.88637	0.730763	0,881319
Sdr	17,1287%	7,35356%	7,83135%	12,8738%	12,84560%	7,80744%	12,9073%	13,53600%	12,46640%

RESULTADOS – ADULTO

Variable	ADULTO								
	10 SEGUNDOS			15 SEGUNDOS			20 SEGUNDOS		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Sa	82.0599µm	188.172µm	153.671µm	155.125µm	129.576µm	67.3956µm	195.27µm	98.9918µm	116.174µm
Sq	110.628µm	231.989µm	198.507µm	179.955µm	156.858µm	83.1344µm	228.561µm	117.911µm	155.46µm
Sz	200.597µm	214112µm	328.28µm	332.507µm	340.702µm	213.864µm	440.972µm	249.637µm	694.959µm
Ssk	0.565899	-0.523565	-1.16693	-0,08495	0,0340728	-0,066695	0,22777	-0,238452	-1,56919
Sku	3.58432	3.00742	4.15628	1.95871	2.24624	0.58702	1.84838	2.32751	5.6457
Sp	359.237µm	399.11µm	273.277µm	363.786µm	318.132µm	182.315µm	408.172µm	220.804µm	371.517µm
Sv	295.237µm	853052µm	719.589µm	427.676µm	386.181µm	257.786µm	404.803µm	368.181µm	742.957µm
St	655.103µm	1252.16µm	992.866µm	791.462µm	704.314µm	440.1µm	812.975µm	588.994µm	1114.47µm
Sdar	5232642µm2	5499771µm2	5761737µm2	5560650µm2	5395936µm2	5240527µm2	5607040µm2	5159852µm2	5394879µm2
Spar	4861154µm2	4861154µm2	4861154µm2	4861154µm2	4861154µm2	4861154µm2	4861154µm2	4861154µm2	4861154µm2
Smean	-25100µm	-31226.5µm	-31173.5µm	-27675.4µm	-29397.1µm	-30539.1µm	-29884.3µm	-32861.4µm	-30555.5µm
Smr	0,00068%	0,0039293%	0,000680%	0,00096%	0,0012838%	0,003040%	0,020328%	0,0053260%	0,000429%
Smc	159.824µm	295102µm	209.561µm	239.429µm	226.681µm	113.403µm	353.164µm	157.787µm	149.521µm
Sxp	193.659µm	535976µm	561.083µm	326.077µm	282.654µm	157.48µm	321.757µm	244.629µm	486.973µm
Sal	494.946µm	457859µm	529.444µm	352.646µm	470.025µm	493.797µm	473.649µm	469.871µm	531.514µm
Str	0,476043	0,359028	0,553877	0,270919	0,369746	0,482235	0,371812	0,368846	0,554172
Std	7.99721	85.4955	85.7881	178.245	69.502	62.7532	39.7663	65.2537	64.9999
Sdq	0.412885	0.547896	0.733286	0,604207	0,497366	0,432605	0,62321	0,362379	1,85602
Sdr	7,6420%	13,13710%	18,52610%	14,3895%	11,00110%	7,80416%	12,3438%	6,14458%	10,97940%

RESULTADOS – ADULTO MAYOR

Variable	ADULTO MAYOR								
	10 SEGUNDOS			15 SEGUNDOS			20 SEGUNDOS		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Sa	142.638µm	179.678µm	163.482µm	43.3247µm	89.8404µm	99.5352µm	155.539µm	131.442µm	174.955µm
Sq	167.723µm	209.071µm	194.787µm	54.1736µm	106.245µm	117.674µm	185.573µm	161.133µm	213.232µm
Sz	265.948µm	227.26µm	338.062µm	227.317µm	219.714µm	185.243µm	407.266µm	417.401µm	369.647µm
Ssk	-0,39952	-0,449942	-0,724683	-0,53772	-0,240699	-0,636463	-0,16796	-0,315581	-0,17391
Sku	2,29037	2,01897	2,74084	2,8675	2,11957	2,58613	2,23074	2,24573	2,246962
Sp	335.231µm	306.673µm	311.934µm	217.664µm	215.688µm	160.187µm	334.103µm	516.339µm	432.045µm
Sv	512.057µm	539.294µm	640.257µm	164.027µm	289.303µm	409.85µm	427.665µm	598.868µm	577.942µm
St	847.288µm	845.967µm	952.19µm	381.691µm	513.991µm	570.037µm	771.768µm	1115.21µm	1009.99µm
Sdar	5365328µm2	5251227µm2	5554164µm2	5604064µm2	5312478µm2	5208453µm2	5226556µm2	5961362µm2	5389594µm2
Spar	4861154µm2	4861154µm2	4861154µm2	4861154µm2	4861154µm2	4861154µm2	4861154µm2	4861154µm2	4861154µm2
Smean	-30296.6µm	-35597.2µm	-34529.5µm	-31190.1µm	-34803.4µm	-31817.1µm	-33326.7µm	-34872.3µm	-31075.9µm
Smr	0,0004521%	0,0246270%	0,000927%	0,00023%	0,0002260%	0,000793%	0,015821%	0,0002260%	0,002021%
Smc	207.218µm	250.117µm	214.255µm	59.4198µm	138.522µm	136.394µm	246.713µm	210.184µm	291.518µm
Sxp	357.035µm	436.605µm	488.64µm	128.486µm	207.839µm	277.706µm	373.602µm	342.155µm	442.442µm
Sal	531.312µm	425.507µm	483.963µm	415.574µm	461.085µm	559.987µm	497.48µm	500.285µm	491.039µm
Str	0,553962	0,412685	0,480356	0,32094	0,466772	0,564353	0,391343	0,394085	0,386808
Std	61.7496	20.245	4.25154	7.74711	10.6995	5.00214	67.7492	2.75064	61.2495
Sdq	0,553464	0,417321	0,943759	0,83568	0,498747	0,393623	0,40135	2,89717	0,493502
Sdr	10,3715%	8,02428%	14,25610%	15,2826%	9,28429%	7,14436%	7,5168%	22,63260%	10,87070%

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

GRABADO EN ÁCIDO

7.3.- I.- PARÁMETROS DE AMPLITUD (medidos en μm)

1.- VARIABLE: RUGOSIDAD MEDIA (SA)

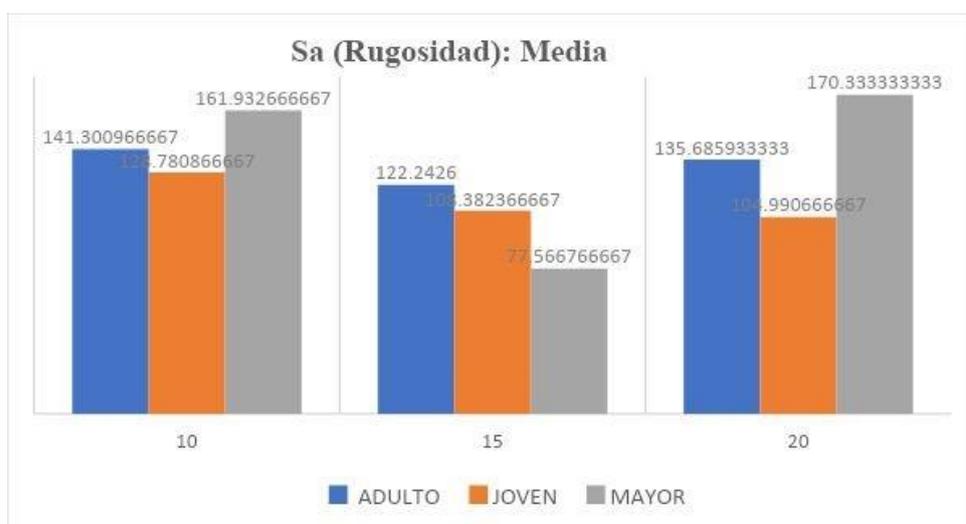
Expresa la media aritmética de los valores absolutos de Z (x) en una longitud de muestreo.

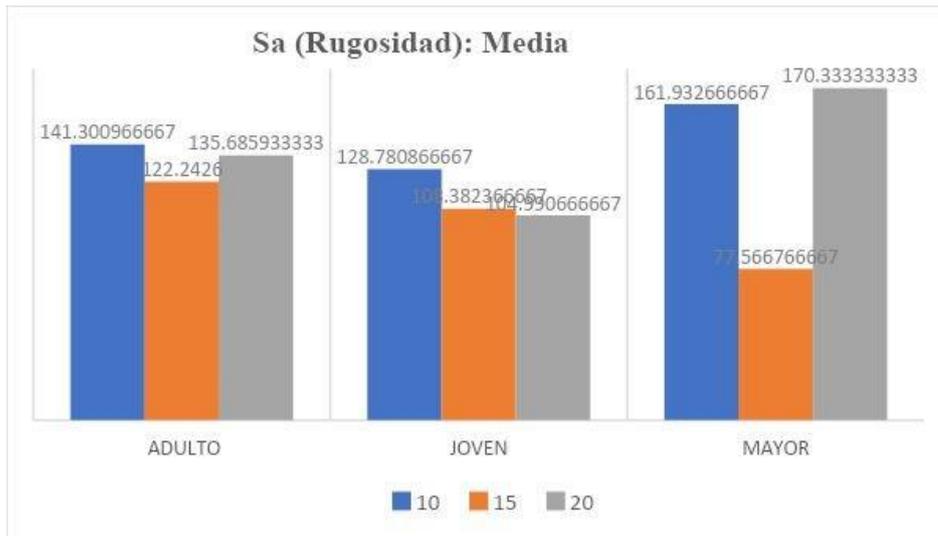
Pa: desviación media aritmética del perfil primario.

Wa: desviación media aritmética del perfil de ondulación.

La influencia de una sola variación en el valor de la medición es extremadamente pequeña, por lo que los resultados obtenidos son muy estables.

Gráfico 1 Media Aritmética





Coeficiente: es la medida de la dispersión relativa del conjunto de datos; se obtiene como el cociente entre la desviación estándar del conjunto y su media aritmética (expresada generalmente en términos porcentuales). Lo que en definitiva nos muestra, es cuán desviados (alejados) están los valores respecto a su media.

Tabla 1– Coeficiente de relación

		Coeficiente	
VARIABLE: SA	10 segundos	15 segundos	20 segundos
Rugosidad media ADULTO	0,38306019	0,30346848	0,36428400
Rugosidad media JOVEN	0,39288507	0,60312394	0,01331851
Rugosidad media MAYOR	0,11466829	0,38738333	0,12437343

Gráfico 2: Desviación Standard

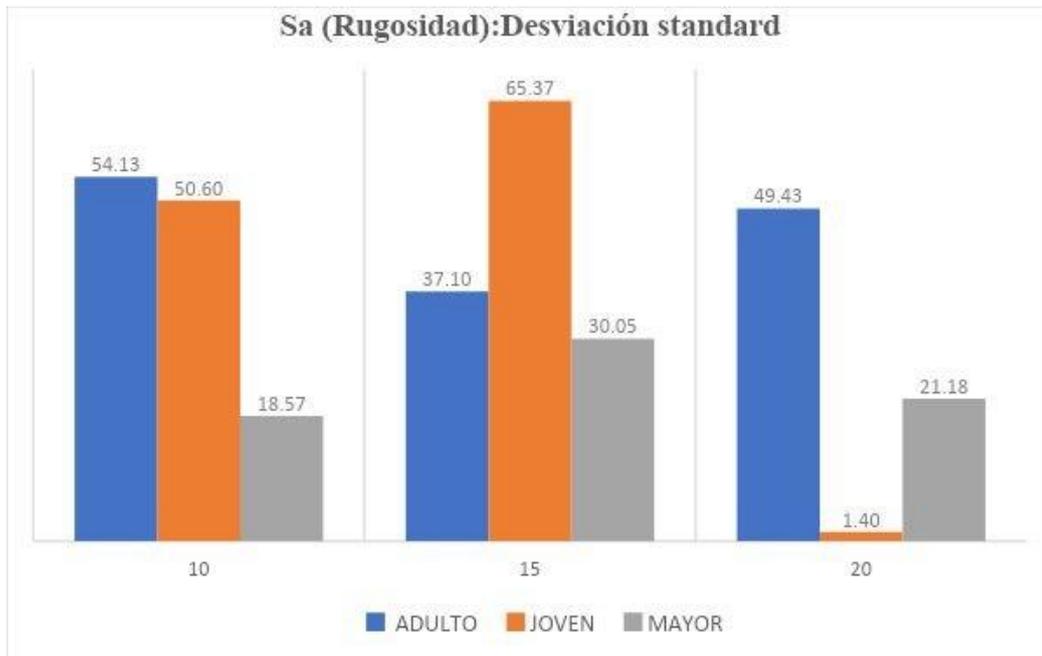


Tabla 2 – Evolución en el Adulto, en el Mayor y en el joven: 10,15 y 20 segundos

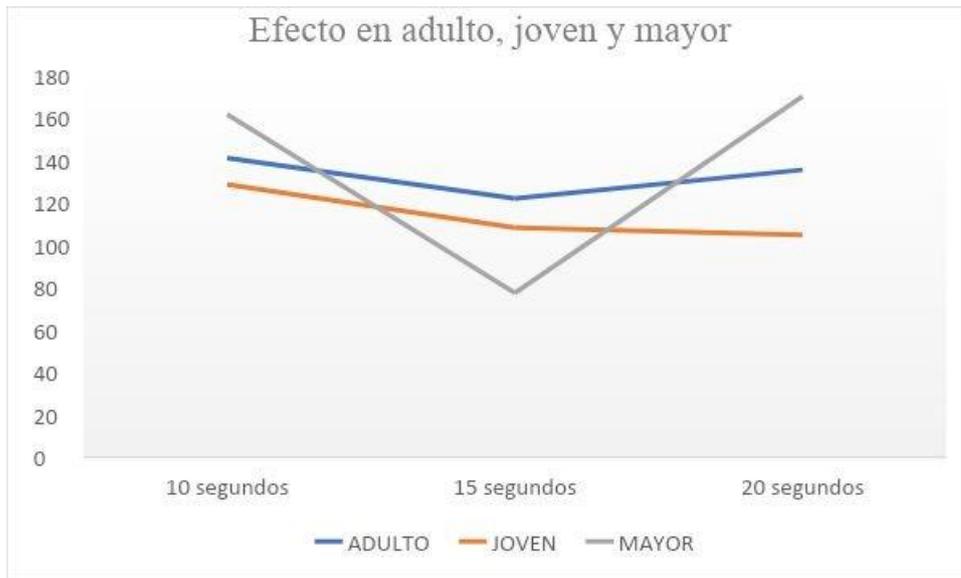
	10 segundos	15 segundos	20 segundos
Rugosidad media ADULTO	141,300967	122,2426	135,685933
Rugosidad media JOVEN	128,780867	108,382367	104,990667
Rugosidad media MAYOR	161,932667	77,5667667	170,333333

Es distinto el comportamiento de los dientes como consecuencia de la aplicación de ácido según se trate de una persona joven, adulta, o mayor a los 10 segundos, 15 o 20 segundos.

El dato más notable es el del diente adulto cuyo valor desciende más de un 50% para volver, no sólo a su valor casi original, sino aun levemente más alto.

Tanto el adulto como el joven, su porcentaje de rugosidad a los 15 segundos ha descendido en un 15%, pero en el adulto tiende a recuperar su valor original (en un 95%) mientras que en el joven sigue su descenso y pérdida de rugosidad.

Gráfico 3, Efecto en la muestra



2.- VARIABLE: RUGOSIDAD MEDIA CUADRÁTICA (SQ)

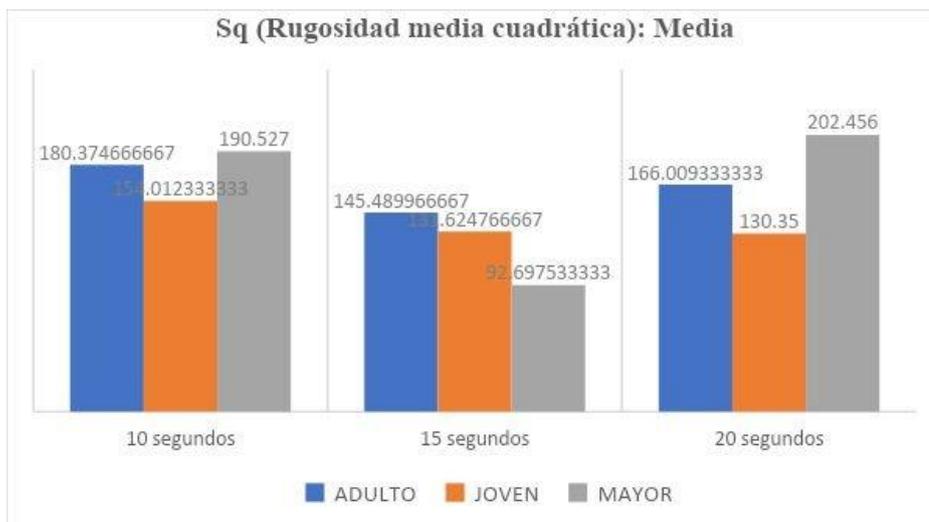
Expresa la media de la raíz cuadrada de Z (x) en una longitud de muestreo.

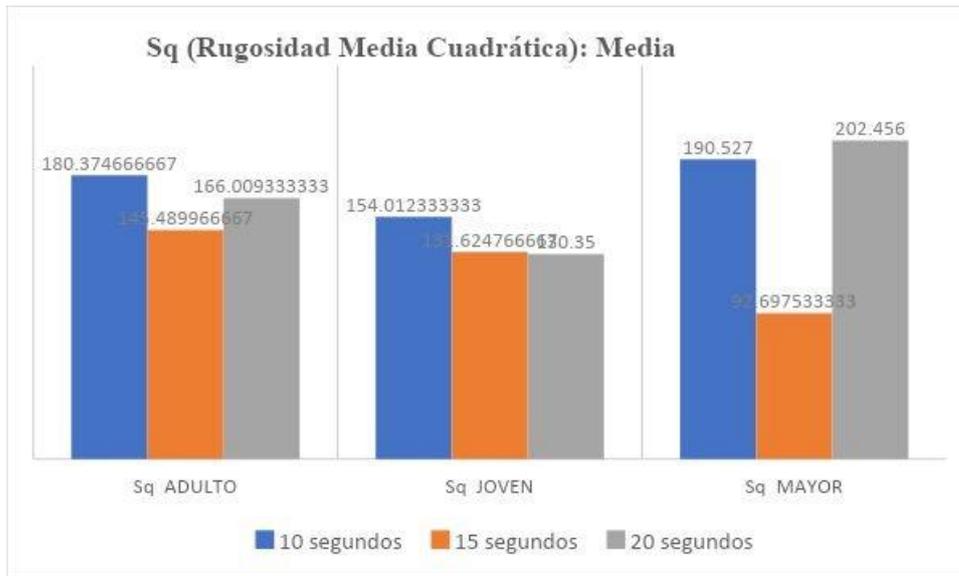
Pq: Raíz cuadrada media de la desviación del perfil primario.

Wq: Raíz cuadrada media de la desviación del perfil de ondulación.

Es más sensible que Ra a cambios en picos y valles.

Gráfico 4– Media aritmética





Las diferencias más significativas se encuentran en la muestra de 20 segundos y en los mayores, a su vez reforzada por la menor dispersión de sus valores alrededor de la media

Tabla 3– Coeficiente de relación

	Coeficiente		
VARIABLE: SQ	10 segundos	15 segundos	20 segundos
Sq rugos med cuadratica ADULTO	0,34749567	0,28413289	0,32618208
Sq rugos med cuadratica JOVEN	0,35929809	0,56855091	0,03823153
Sq rugos med cuadratica MAYOR	0,11022372	0,36515069	0,11014608

Gráfico 5: Desviación Standard



Tabla 4– Evolución en el Adulto, en el Mayor y en el joven: 10,15 y 20 segundos

	10 segundos	15 segundos	20 segundos
SQ ADULTO	180,374667	145,489967	166,009333
SQ JOVEN	154,012333	131,624767	130,35
SQ MAYOR	190,527	92,6975333	202,456

Es distinto el comportamiento de los dientes como consecuencia de la aplicación de ácido según se trate de una persona joven, adulta, o mayor a los 10 segundos, 15 o 20 segundos.

El comportamiento es el mismo, dado que estamos ante la raíz cuadrada de la misma variable, es decir, se observa claramente, la tendencia descripta.

Gráfico 6- Efecto en adulto, joven y mayor



3.- VARIABLE: MÁXIMA ALTURA DEL PERFIL DE RUGOSIDAD (SZ)

Expresa la suma del valor máximo de la altura del pico (S_p) y el valor máximo de profundidad de valle (S_v) en la longitud de muestreo.

Perfil de pico: La parte superior de la línea media (eje X) de la curva de perfil (en la dirección del lado material hacia el lado del espacio).

Perfil valle: La parte debajo de la línea media (eje X) de la curva de perfil (en la dirección desde el lado del espacio hacia el lado del material). Pz: altura máxima del perfil principal

Wz: altura máxima del perfil de ondulación

A menudo se utilizan para la evaluación de brillo y lustre, resistencia de la superficie, tratabilidad de la superficie, la fuerza de fricción, resistencia de contacto eléctrica, etc.

De forma genérica, sería:

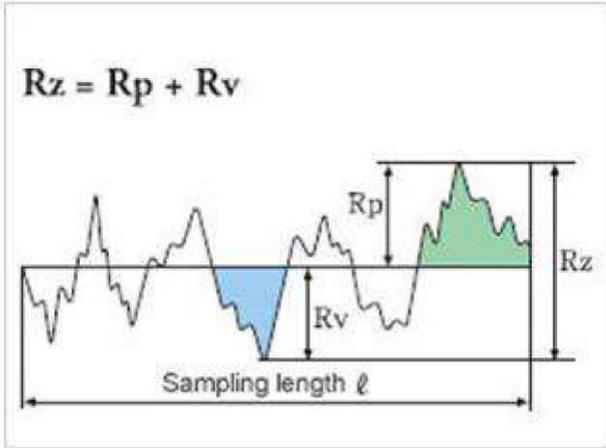
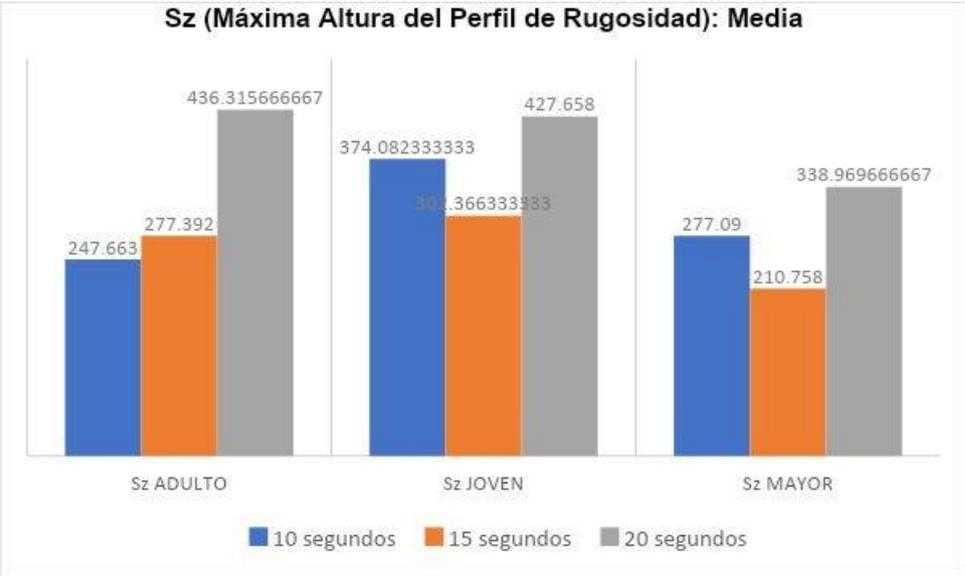
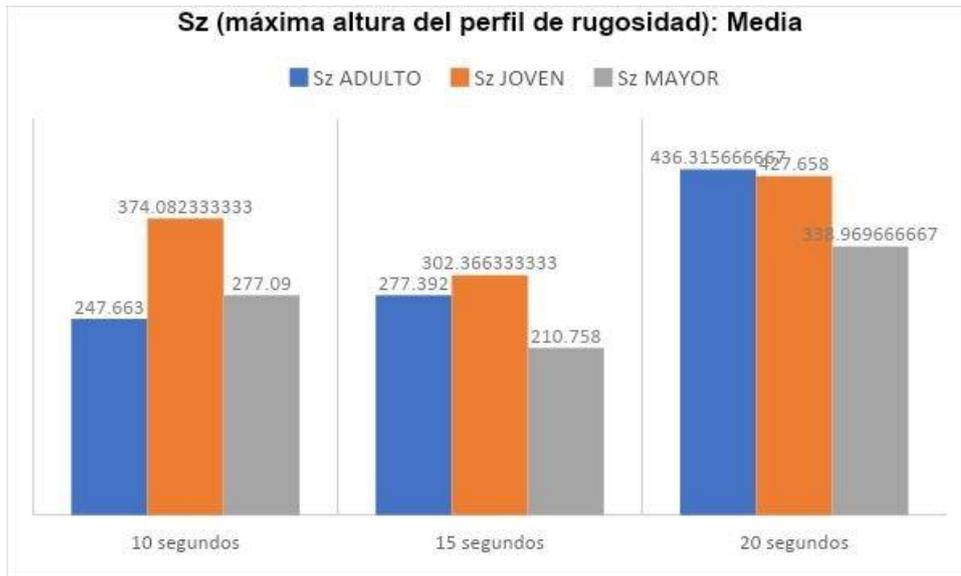


Gráfico 7- Media





Se observa que luego de 10 segundos, el promedio de Rz es mayor en un diente joven, pero la diferencia se hace menor cuando pasan 15 segundos, en un diente y, a los 20, la media de la altura máxima del perfil de rugosidad, prácticamente son iguales en un diente adulto que en uno joven, incluso ya es mayor la del diente de persona adulta.

En relación a la desviación estándar, se observa que este índice de dispersión es muy superior a los 20 segundos en un diente adulto, diferencia que no se observa en ninguno de las otras medidas.

Gráfico 8, Sz desviación estándar

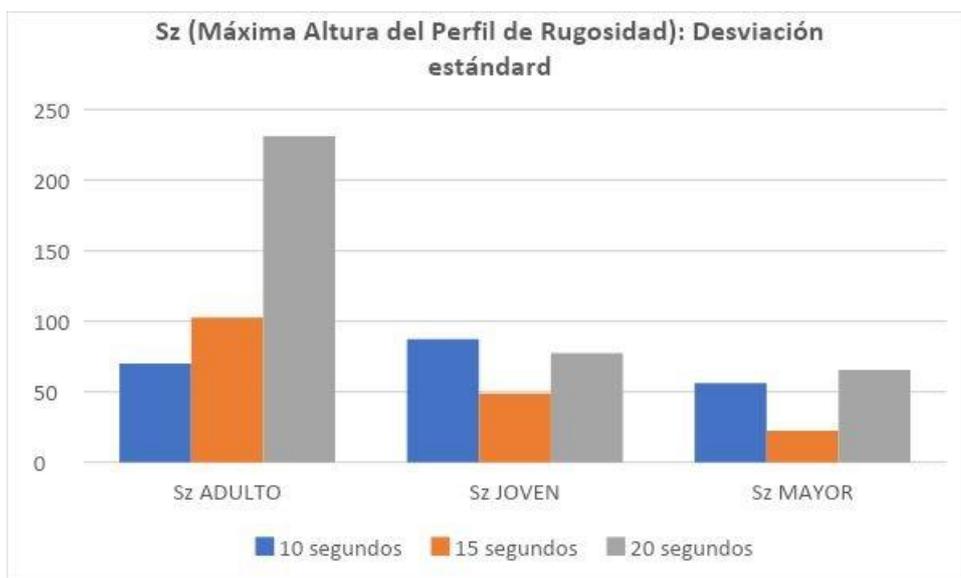


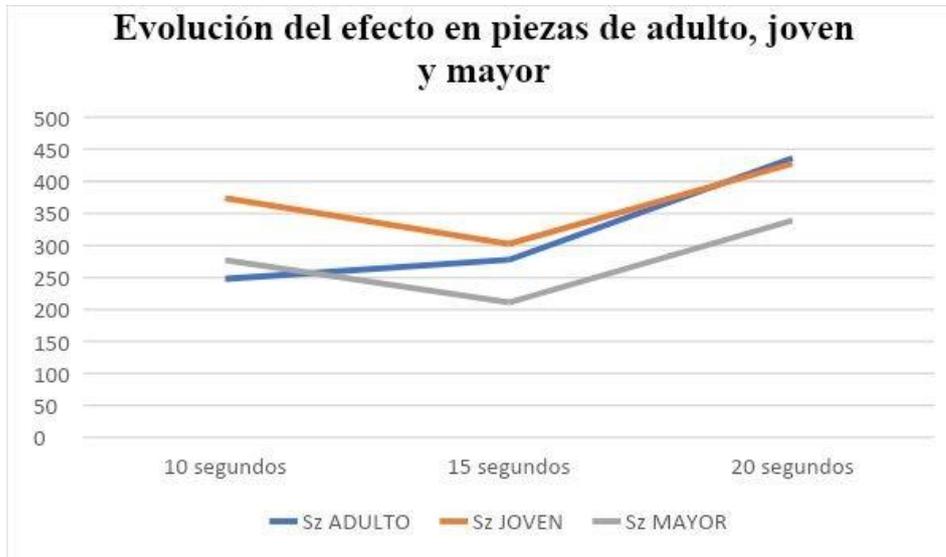
Tabla 5- Coeficiente

	Coeficiente		
	10 segundos	15 segundos	20 segundos
Sz ADULTO	0,28321806	0,37002105	0,52993454
Sz JOVEN	0,23318812	0,16158885	0,18116697
Sz MAYOR	0,20294862	0,1063839	0,19335797

Se observa que la máxima altura de perfil de rugosidad del diente tiene el mismo comportamiento a los 10, 15 y 20 segundos cuando se trata de dientes de individuos jóvenes y de adultos; no ocurre lo mismo con personas adultas que muestran un crecimiento de este valor en los tres estadios (leve de 10 a 15 segundos y más acentuado a los 20 segundos).

Cuando se observan a los 20 segundos los dientes de las tres edades, ya los valores presentados son prácticamente iguales.

Gráfico 9, Evolución



4.- VARIABLE: SKEWNESS – OBLICUIDAD (SSK)

Skewness: Expresa la media cubica de Z (x) en una longitud de muestreo, siendo adimensional y es el cubo de la raíz a media altura del cuadrado, Rq. Nos informa del grado de inclinación, y expresa la simetría de los picos y valles guiándose por la línea media.

Rsk = 0: simétrico respecto a la línea media (distribución normal).

Rsk > 0: desplazado a la baja con respecto a la línea media.

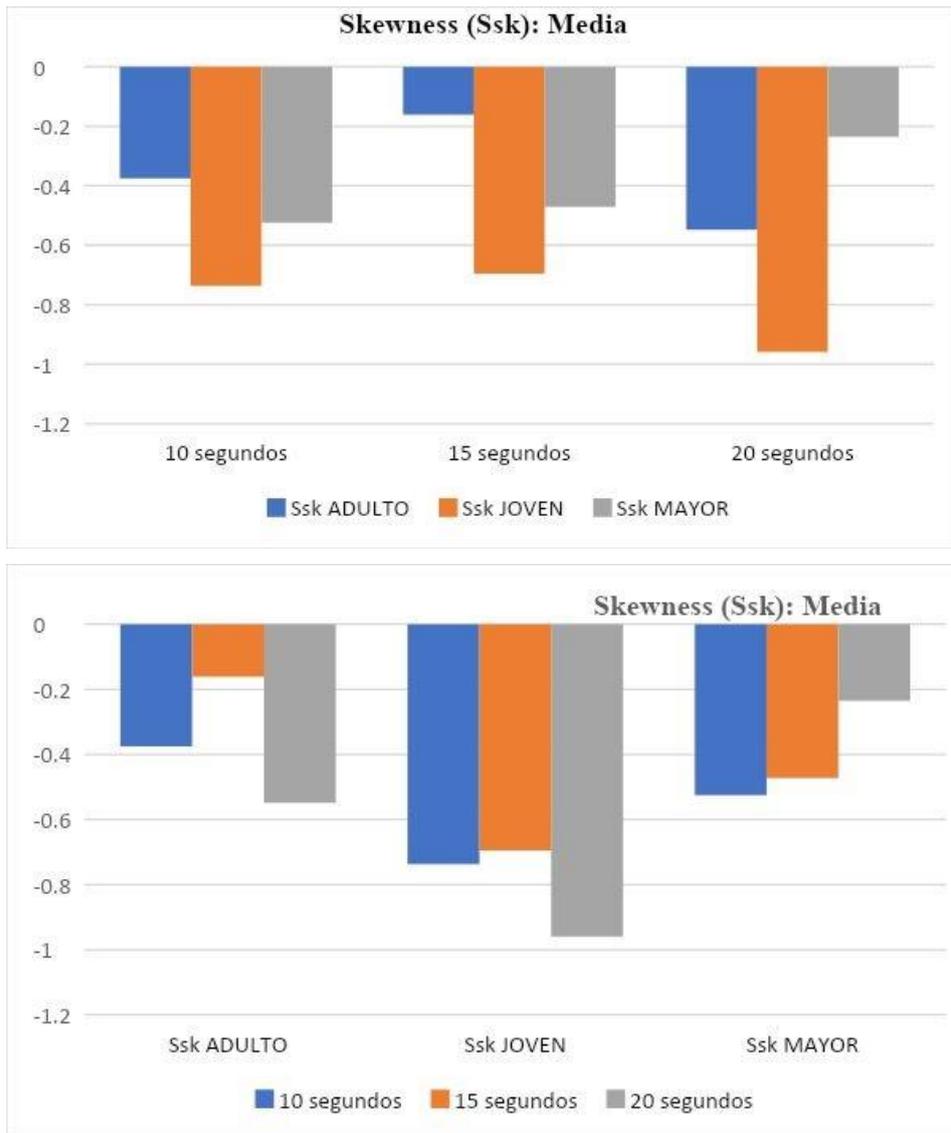
Rsk < 0: desplazado hacia arriba con respecto a la línea media.

Psk: asimetría del perfil de primaria.

Wsk: asimetría del perfil de ondulación.

Se utilizan para la evaluación del brillo y lustre.

Gráfico 10, Media Aritmética



En todos los casos observados, los promedios son menores a 0, indicando que se encuentran desplazado hacia arriba con respecto a la línea media. Estas diferencias se hacen más notable en los dientes jóvenes.

Tabla 6– Media aritmética

	Media		
	10 segundos	15 segundos	20 segundos
Ssk ADULTO	-0,37486533	-0,16160677	-0,54813700
Ssk JOVEN	-0,73667733	-0,69515067	-0,95961433
Ssk MAYOR	-0,52471533	-0,47162700	-0,23523200

Respecto a la desviación estándar, a los 15 segundos es donde se observa que la inclinación, tiene una menor dispersión de los valores alrededor de su valor medio.

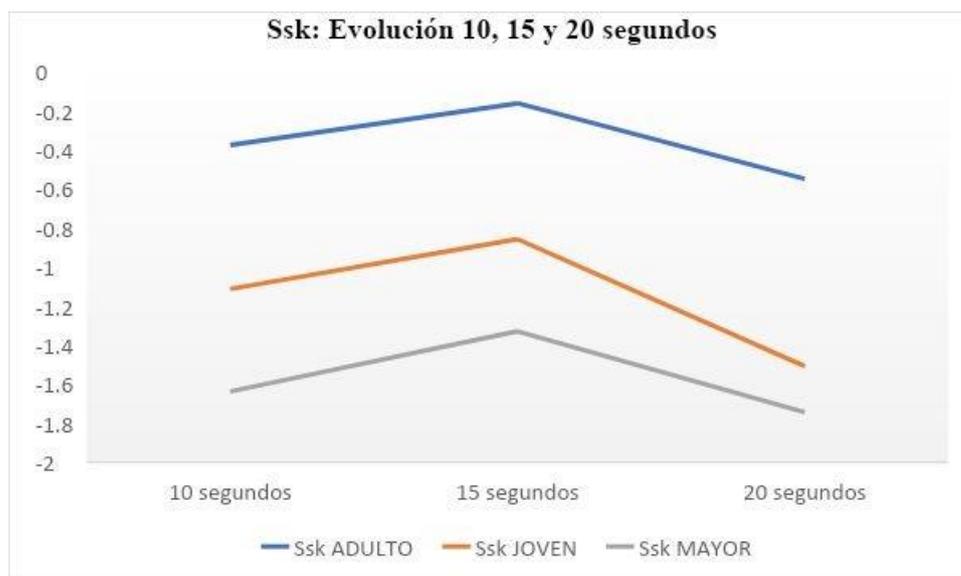
Gráfico 11- Desviación Standard



El coeficiente de relación no se calcula, dado que estamos ante valores de media negativos.

Las diferencias más significativas están en los dientes de los adultos (valores superiores a -1.5) y las menores en los mayores.

Gráfico 12, Ssk



También se destaca en las tres edades de los dientes, el comportamiento es el mismo, a los 15 segundos, tiende a hacerse más simétrico respecto a la línea media (tiende a una distribución normal), y en los tres casos, se hace más negativo aun, a los 20 segundos.

5.- VARIABLE: KURTOSIS (SKU)

Expresa la media bicuadrática de Z (x) en una longitud de muestreo, es adimensional y es la bicuadrática de la raíz Rq de la altura al cuadrado. Esto significa que la curtosis es un criterio para la nitidez de una superficie.

Sku = 3: Distribución normal.

Sku > 3: La distribución de la altura es fuerte.

Sku < 3: La distribución de la altura no es nítida.

Pku: curtosis del perfil principal.

WKU: curtosis del perfil de ondulación.

Se utilizan para la evaluación de brillo y lustre.

Tabla 7 Media Aritmética

	10 segundos	15 segundos	20 segundos
Sku ADULTO	3,58267333	2,18224667	3,27969667
Sku JOVEN	2,8340700	3,3527300	3,66371333
Sku MAYOR	2,3500600	2,52438667	2,2316500

Se destaca para el diente joven, a los 10 segundos solo el diente del adulto tiene una distribución de la altura fuerte; a los 15 segundos el diente joven y a los 20 segundos tanto el diente joven como el adulto.

Para el diente mayor, en todas las muestras, posteriores al grabado, la distribución de la altura no es nítida

Gráfico 13- Media

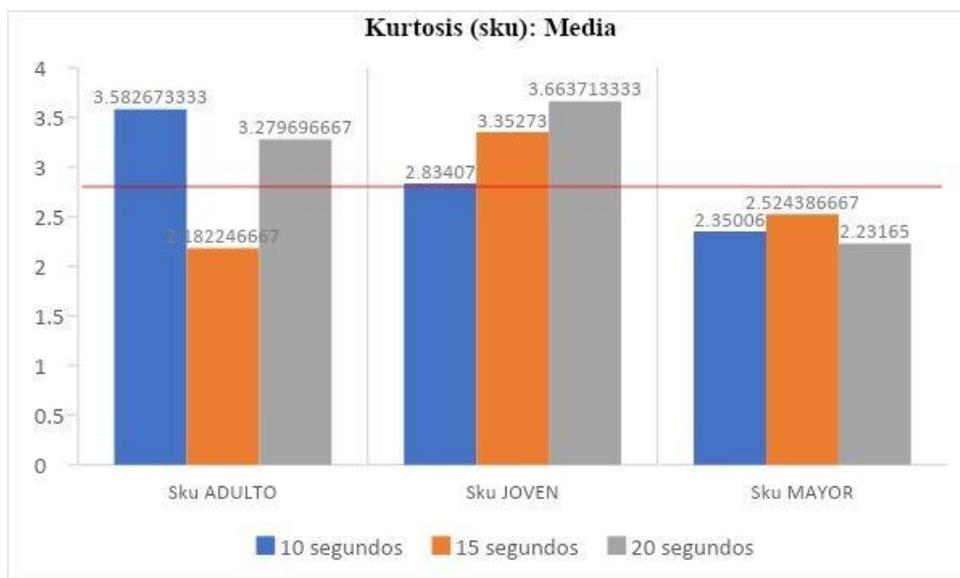
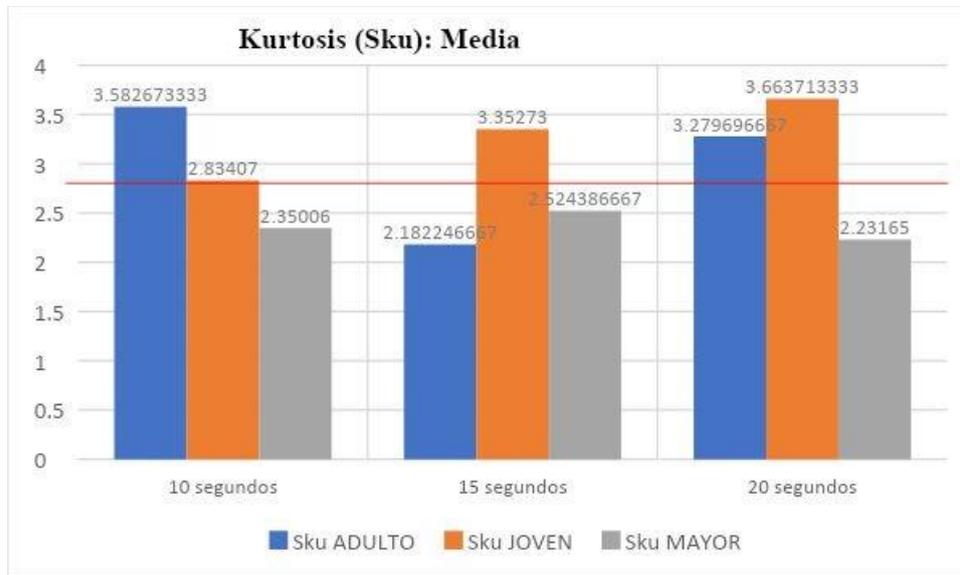


Gráfico 14, Kurtosis DS

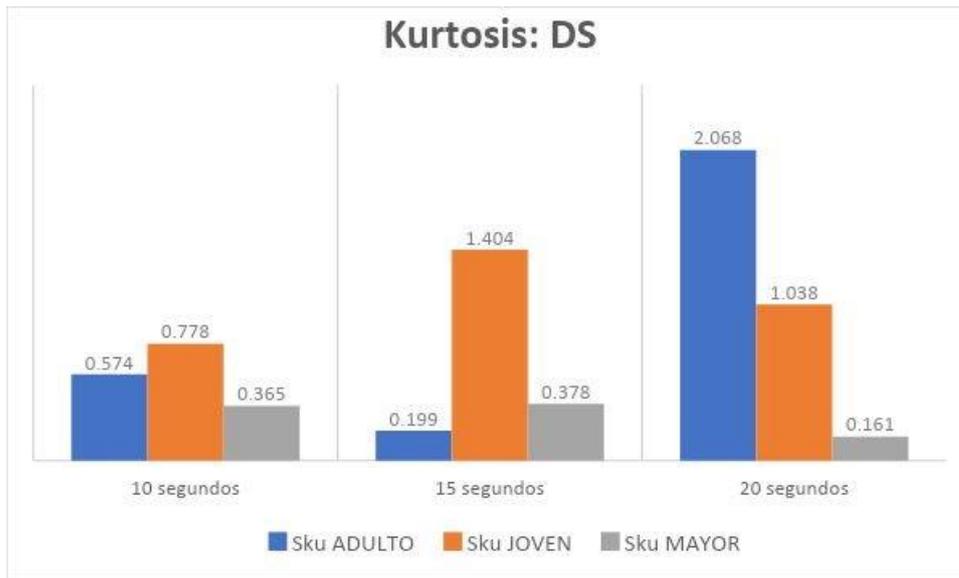
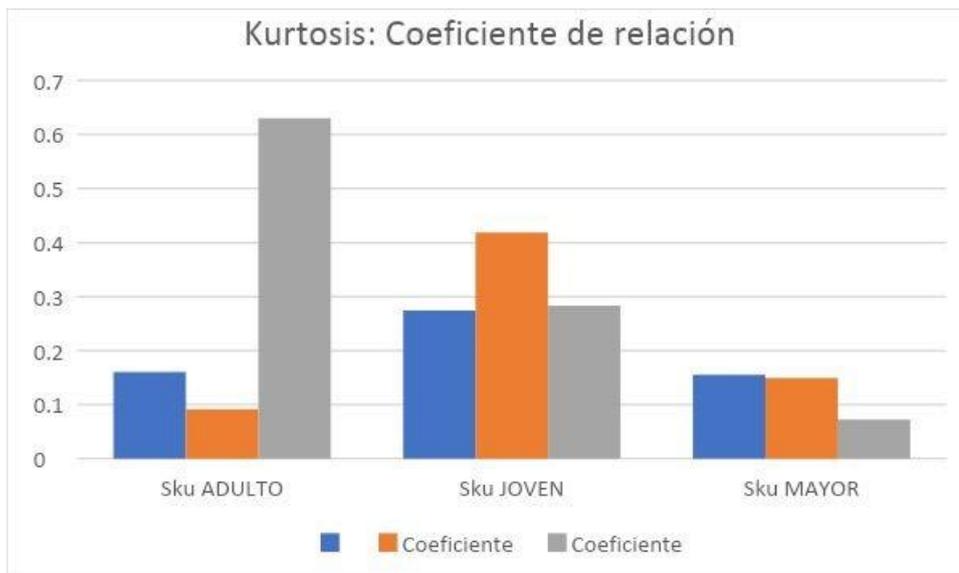


Tabla 8, Kurtosis CR

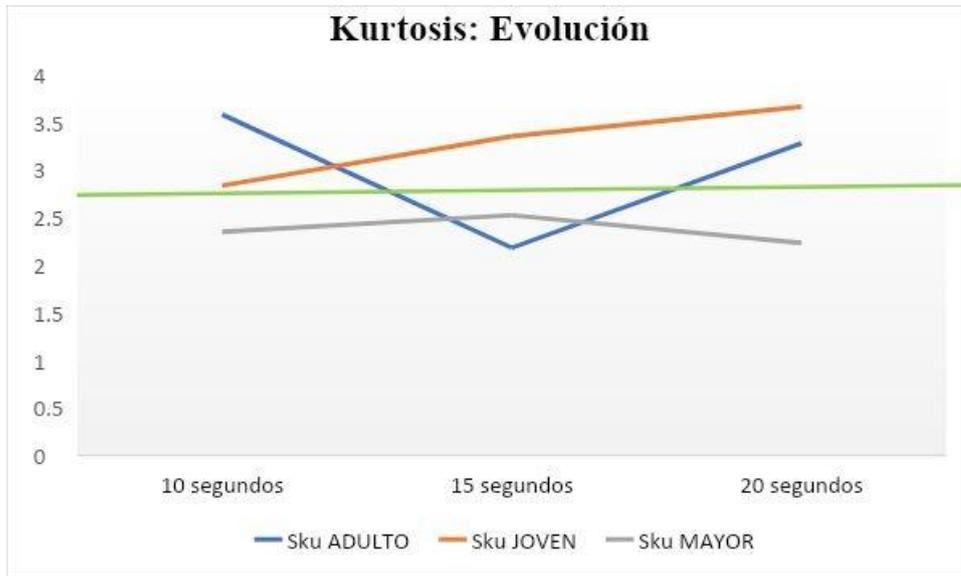
		Coeficiente		
	10 segundos	15 segundos	20 segundos	
Sku ADULTO	0,16033607	0,09135888	0,63049924	
Sku JOVEN	0,27442109	0,41870564	0,28344865	
Sku MAYOR	0,15515261	0,14963977	0,07209326	

Gráfico 15, Kurtosis



Como se observó, la distribución en altura no es nítida en ninguna de las muestras de los mayores.

Gráfico 16 - Evolución



El diente joven, apenas pasado los 10 segundos, tiende a tener más nitidez y a ser más fuerte, al contrario del adulto, que a los 15 segundos deja estas características, para pasar a su “peor” momento, menos nítido y menos fuerte, recuperándose a los 20 segundos. El mayor tiene un comportamiento más regular, pero a los 20 segundos, su valor es levemente menor que a los 10.

6.- VARIABLE: ALTURA DEL PICO MÁXIMO DEL PERFIL DE RUGOSIDAD (SP)

Expresa el valor máximo de Sp altura del pico en la curva de perfil, en la longitud de muestreo.

Sp: altura del pico máximo perfil del perfil de primaria.

Wp: Máximo perfil de altura del pico del perfil de ondulación.

Se utilizan para la evaluación de la fuerza de fricción y resistencia al contacto eléctrico.

La media ofrece una diferencia significativa cuando se observa 20 segundos después de aplicado el ácido, principalmente en los jóvenes y en los mayores; dado que, en los adultos, son pocas las diferencias observadas luego de 10, 15 o 20 segundos

Gráfico 17– Media Aritmética



Gráfico 18, Desviación



Como se observa, la desviación de los valores respecto de su media, es más pronunciada en los dientes de los mayores.

Tabla 9, Coeficiente

		Coeficiente	
	10 segundos	15 segundos	20 segundos
Sp ADULTO	0,18700927	0,32182083	0,28216468
Sp JOVEN	0,40764798	0,50845569	0,29624800
Sp MAYOR	0,04780251	0,16492042	0,22596625

Este índice nos muestra que solo a los 20 segundos no existe distinta desviación en las tres edades de los dientes.

Respeto a cómo evolucionan las piezas dentarias, con el paso de los segundos, si bien todas tienen el mismo comportamiento, de descender en nivel de fuerza y de resistencia, es mucho más pronunciado en el adulto mayor (es el que más desciende a los 15 segundos).

El diente joven, desciende levemente, y recupera mucho más que su valor primario luego de pasados 20 segundos; mientras que el adulto, como se dijo, desciende levemente a los 15 segundos, y más leve aún, es su recuperación a los 20.

Gráfico 19- Evolución



7.- VARIABLE: MÁXIMA PROFUNDIDAD DE VALLE (SV)

Expresa el valor máximo de la profundidad Z_v valle en la curva de perfil, en una longitud de muestreo.

Sv: Perfil de profundidad máxima valle del perfil principal.

Wv: Perfil de profundidad máxima valle del perfil de ondulación.

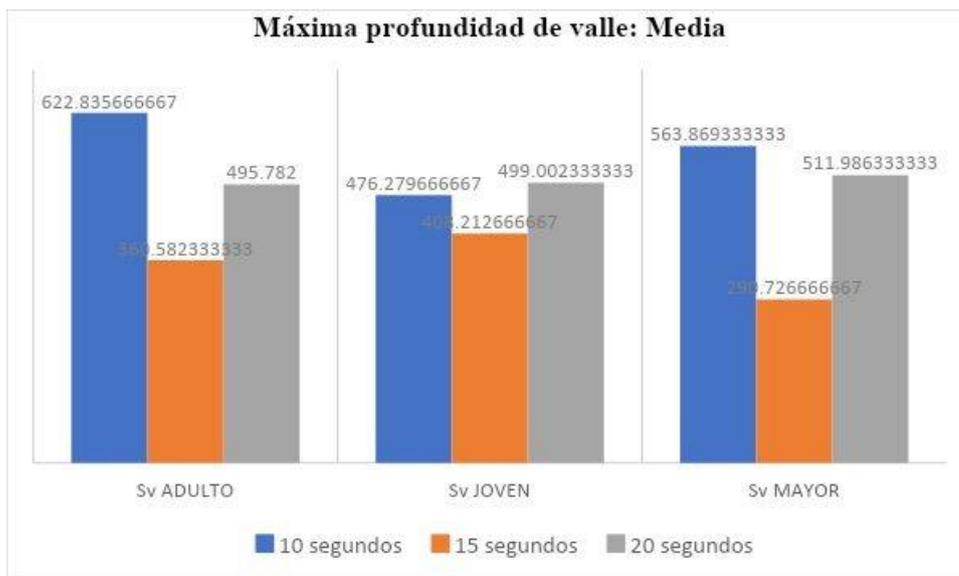
A menudo se utilizan para la evaluación de la resistencia superficial y resistencia a la corrosión.

El promedio de esta variable de profundidad, no encuentra variaciones a los 20 segundos (sus valores medios son muy similares en los tres tipos de dientes) pero sí las hay tanto pasados 10 segundos como luego de 15.

El diente mayor pierde más del 48% de resistencia entre los 10 y los 15 segundos, el adulto más del 42%; diferencias que no se observan en el diente joven.

Es importante que, el diente mayor, luego de 20 segundos, recupera más porcentaje de resistencia que el adulto. El joven, como se dijo, mantiene su resistencia superficial y a la corrosión, luego de aplicado el ácido.

Gráfico 20, Máxima profundidad



Analizando la desviación estándar, se puede observar, que, existen datos muy alejados del valor promedio, lo que nos podría hablar de un error muestral, o de algún / o valores que sesgan la muestra de los adultos.

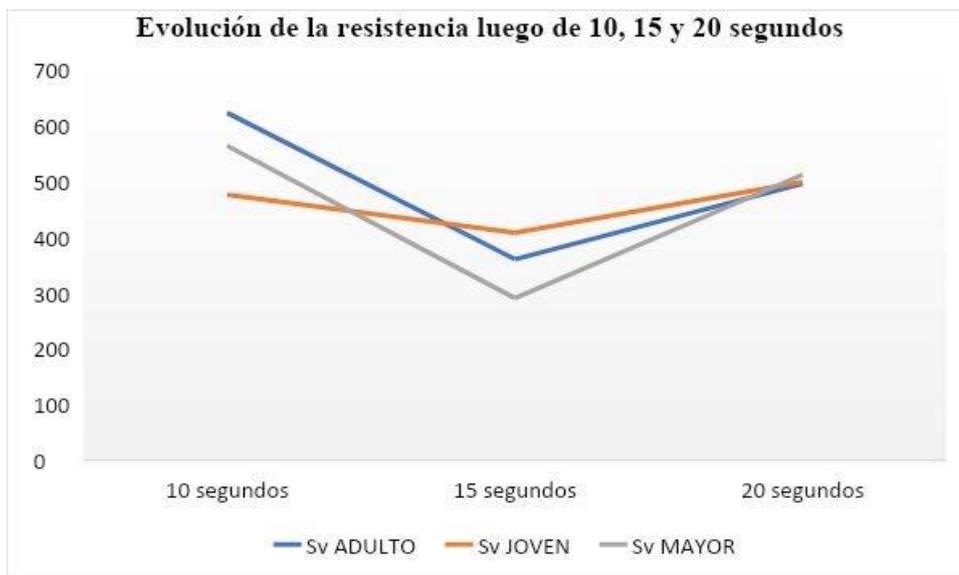
Gráfico 21, Desviación estándar



La evolución de los dientes jóvenes adultos y mayores luego de aplicarle ácido durante 10, 15 y 20 segundos, muestra que la evaluación de la resistencia superficial y resistencia a la corrosión es igual a los 20 segundos en las 3 edades dentarias.

Es poca la variación que se observa en el diente joven; prácticamente tienen el mismo comportamiento los dientes adultos y mayores, si bien el adulto es quien parte de una resistencia bastante mayor a los otros dos.

Gráfico 22– Evolución



8.- VARIABLE: ALTURA TOTAL DEL PERFIL DE RUGOSIDAD (ST)

Expresa la suma del valor máximo del perfil de alturas de los picos Z_p y el valor máximo del perfil de profundidad de los valles Z_v en la curva de perfil, pero en toda la longitud de evaluación.

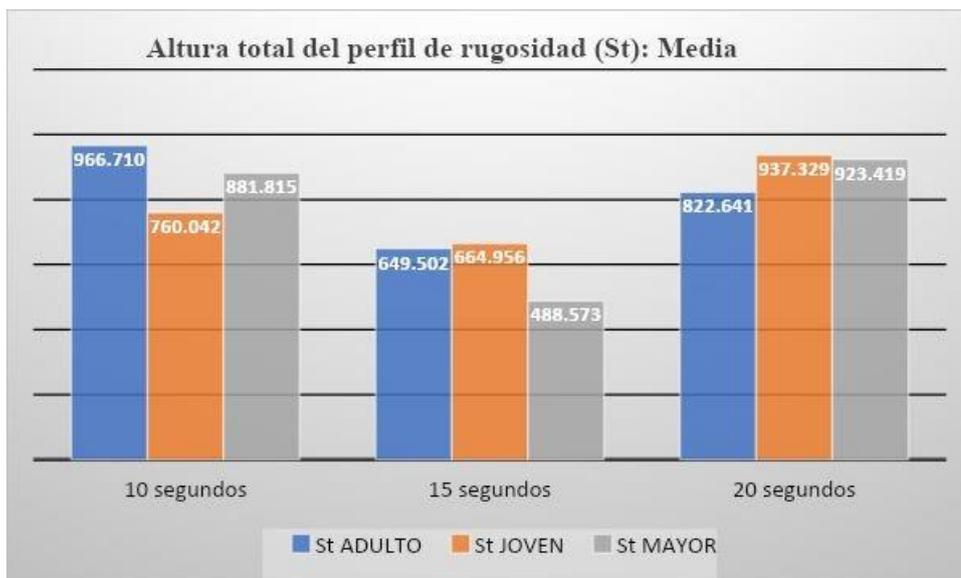
La relación $St \geq Sz$ se cumple para todas las curvas de perfil.

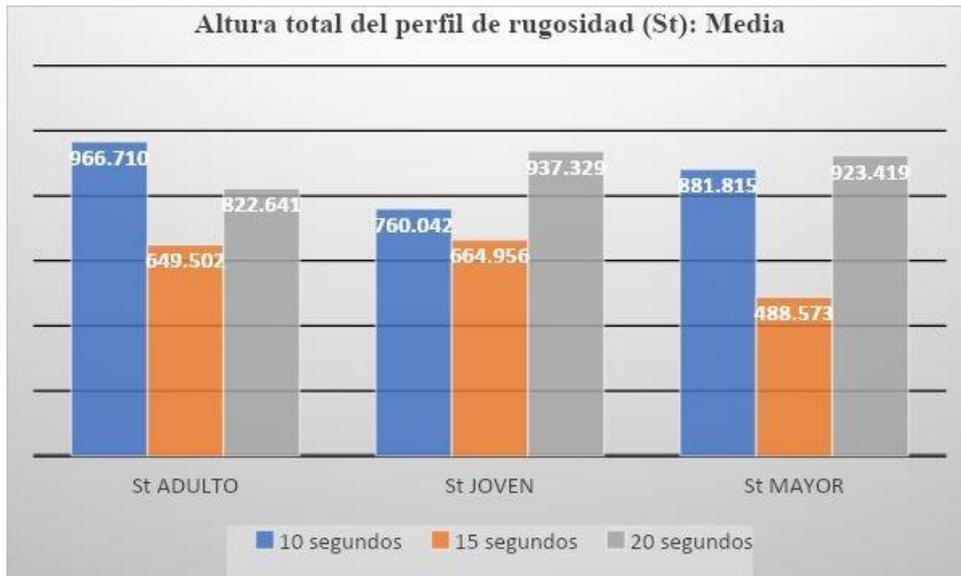
Pt: altura total del perfil principal.

Ps: La altura total del perfil de ondulación.

Esta es una medida de la longitud de evaluación, por lo que es un estándar más estricto que Sz.

Gráfico 23: St: Media





Se observa que las diferencias más significativas se encuentran en los dientes de los mayores.

En relación a los datos de la desviación estándar, mayormente se observan cifras altas que nos habla, justamente de una alta dispersión, que se corrobora con la tabla del Coeficiente de relación.

Gráfico 24, Desviación estándar



Tabla 10– Coeficiente de relación

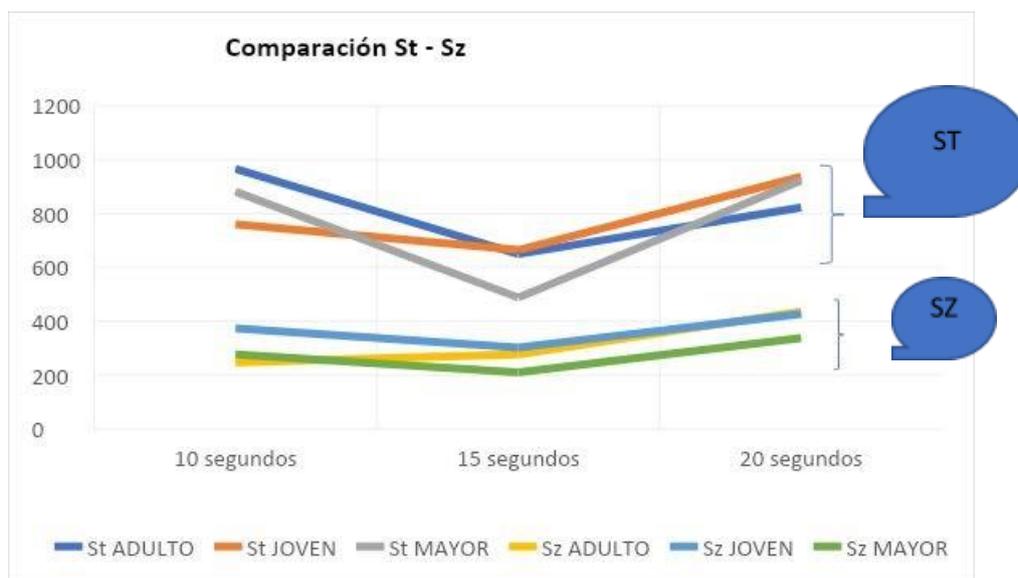
	Coeficiente		
	10 segundos	15 segundos	20 segundos
St ADULTO	0,30969658	0,27081105	0,32520372
St JOVEN	0,25591979	0,33772165	0,08051634
St MAYOR	0,06911894	0,19794683	0,15018018

Como ya se dijo, ésta es una medida de la longitud de evaluación, más estricto que Sz.

Tabla 11– Comparación St - Sz

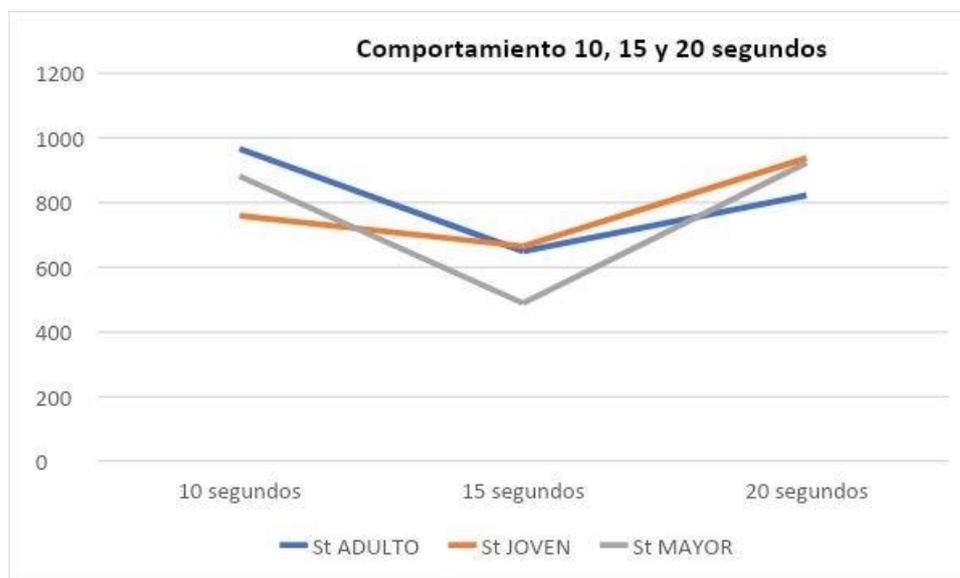
	Media					
	10 segundos		15 segundos		20 segundos	
	St	Sz	St	Sz	St	Sz
ADULTO	966,7097	247,6630	649,5020	277,3920	822,6410	436,3157
JOVEN	760,0423	374,0823	664,9560	302,3663	937,3287	427,6580
MAYOR	881,8150	277,0900	488,5730	210,7580	923,4190	338,9697

Gráfico 25– Comparación St - Sz



Se observa que ST es mayor que SZ; y que, las dos variables tienen el mismo comportamiento.

Gráfico 26, comportamiento



El diente mayor es el que más rugosidad pierde con el ácido, pasado los 15 segundos, para llegar, al mismo nivel que el diente joven, que tiene una pérdida más leve para lograr recuperarse mejor luego de los 20 segundos.

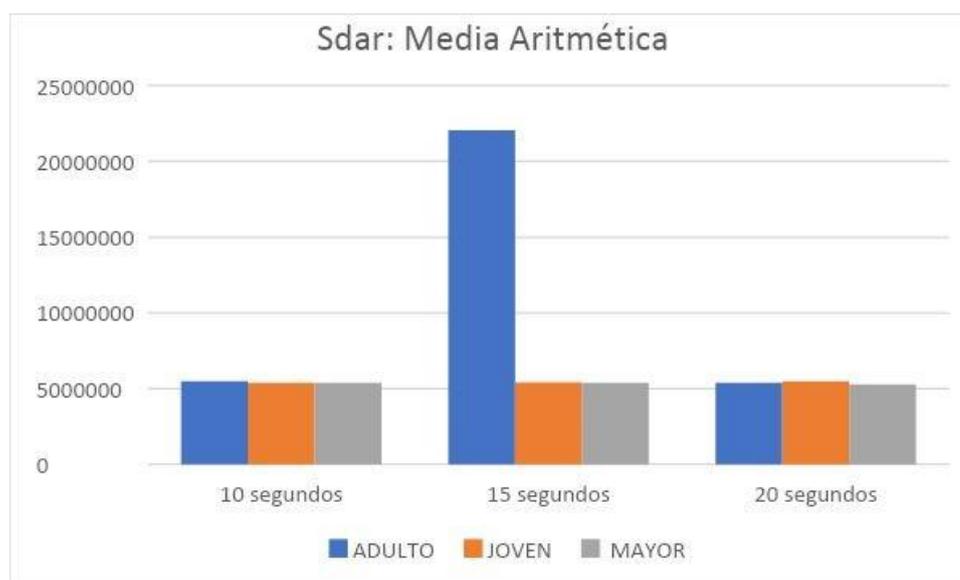
El diente adulto a los 15 segundos pierde el 35% de su rugosidad.

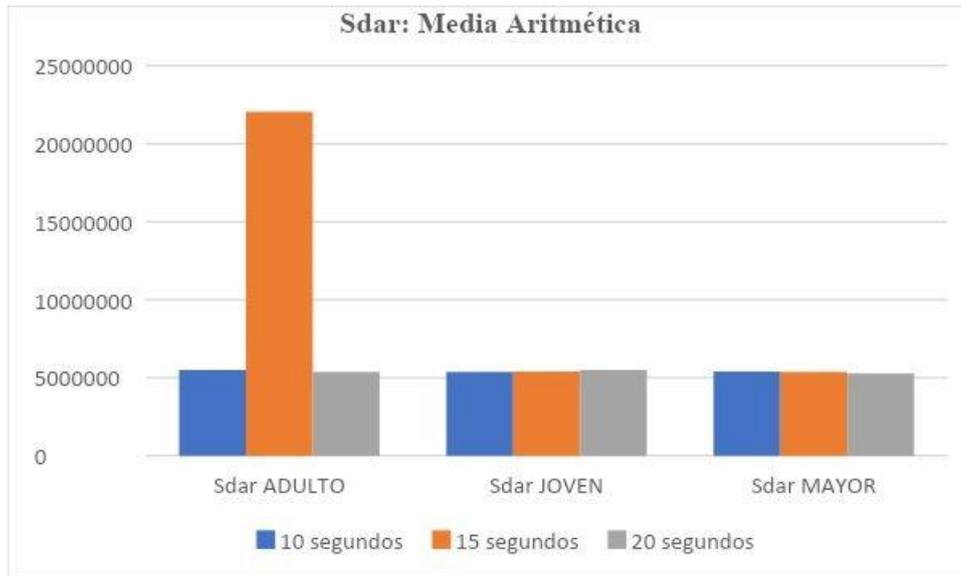
7.4.-II.- OTROS PARÁMETROS 3D

1.- VARIABLE SDAR

Variable Sdar	Media Aritmética			Desviación Estándar			Coeficiente Relación		
	10 segundos	15 segundos	20 segundos	10 segundos	15 segundos	20 segundos	10 segundos	15 segundos	20 segundos
ADULTO	5498050	22050961	5385936	264551,698	29020413,62	221747,792	0,04811737	1,31606117	0,041171635
JOVEN	5384759	5404419	5491640	267895,244	141798,298	26130,1422	0,04975065	0,02623747	0,004758167
MAYOR	5390240	5374998	5278344	152997,222	205081,959	85302,9685	0,02838412	0,03815479	0,016160934

Gráfico 27– media aritmética





7.5.-III.- PARÁMETROS FUNCIONALES

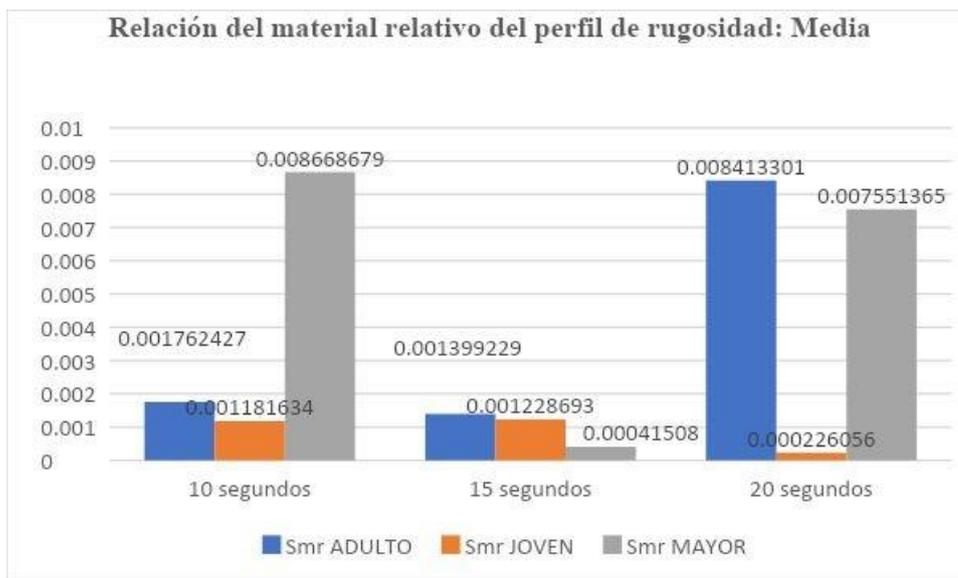
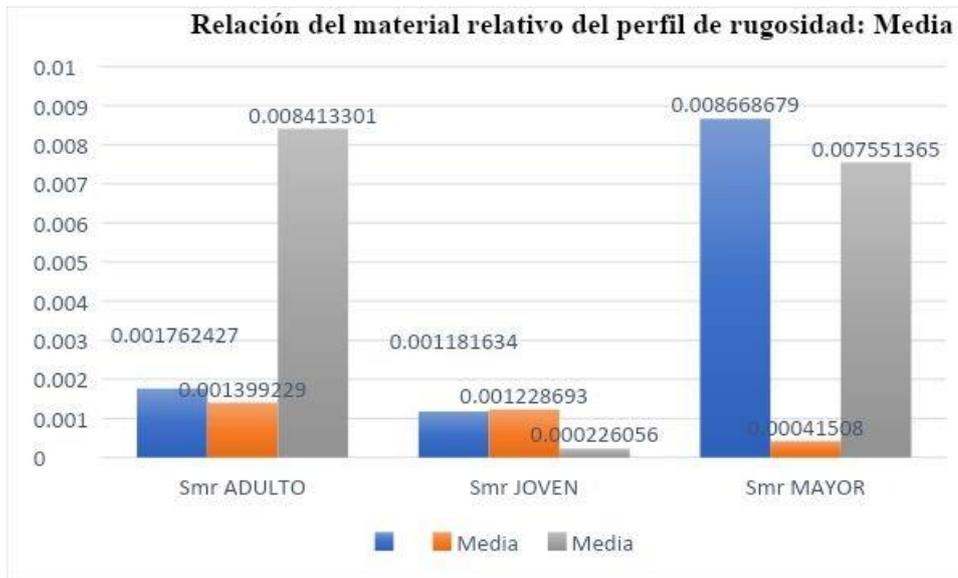
1.- VARIABLE: RELACIÓN DEL MATERIAL RELATIVO DEL PERFIL DE RUGOSIDAD (SMR)

Expresa la relación entre longitud y material que se determina a partir de la referencia de seccionamiento Con nivel y la diferencia del nivel de seccionamiento $R\delta c$ de la curva de perfil.

Pmr: material relativo del perfil principal

WMR: Relativa relación entre el perfil de ondulación longitud del material. Útil para evaluar resistencia al desgaste.

Gráfico 28, Perfil de rugosidad



El promedio de la relación entre longitud y material se observa solo pareja a los 15 segundos, para los tres tipos de dientes.

Tanto a los 10 segundos como a los 20 el diente mayor muestra una relación semejante.

La desviación estándar muestra pocas dispersiones en el diente joven, y también en el diente adulto a los 10 y 15 segundos del ácido. Cuando se observa la dispersión de los valores a los 20 segundos, es significativa en los adultos y en los mayores e inexistente en el diente joven.

Gráfico 29, SMR



Gráfico 30, Evolución



Se observa que es muy distinto el comportamiento en los tres tipos dentarios, el diente adulto tiene un leve descenso de esta relación entre los 10 y 15 segundos para lograr una relación 4 veces superior luego de 15 segundos. Por el contrario, el diente joven, lejos de aumentar esta relación, a los 10 segundos la sube levemente para descender un 12% más aún que al inicio.

Finalmente, el diente mayor, es el que más pierde, y a valores más bajos de relación llega, pero logra recuperar a los 20 segundos.

2.- VARIABLE: PROPORCIÓN DE MATERIAL RELATIVO DEL PERFIL DE RUGOSIDAD (SMC)

El área de contacto superficial S_{mc} es la ratio de rugosidad superficial cortado a la profundidad C y la proporción de áreas de contacto superficial con respecto a las áreas de no contacto para una longitud específica.

S_{mc} es el cociente entre la superficie de contacto a una profundidad C y la superficie total L_t indicado en tanto por ciento.

Gráfico 31, SMC: media

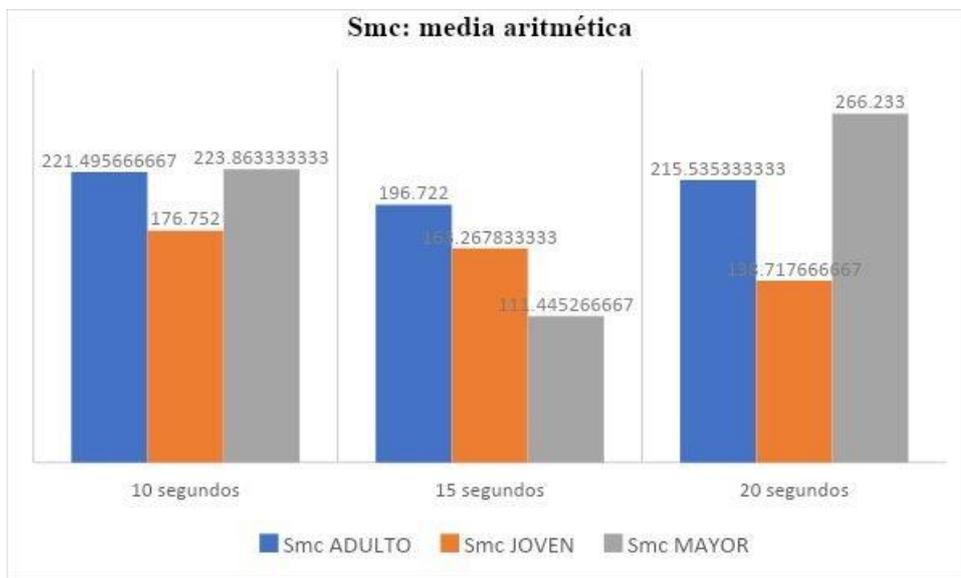
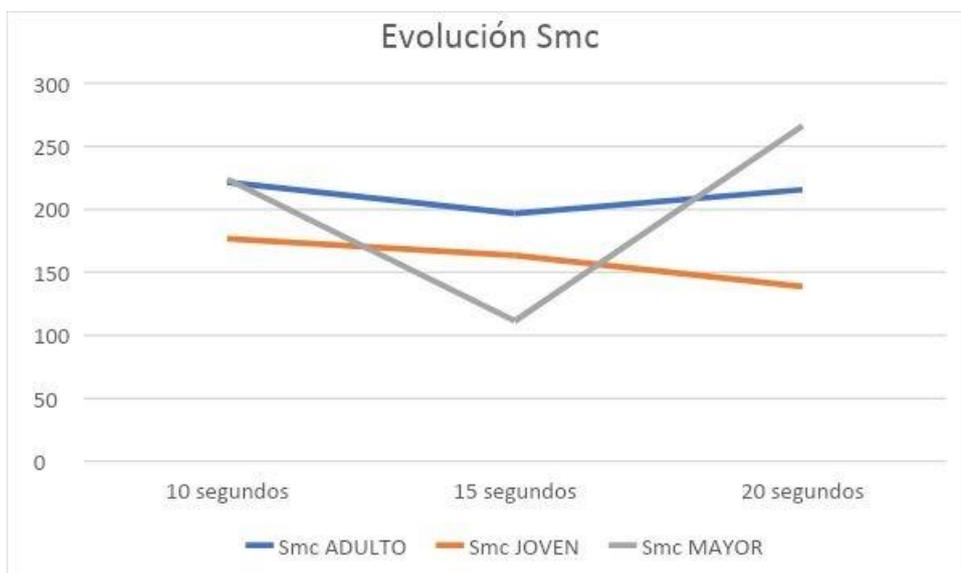


Gráfico 32, SMC evolución



Esta variable, muestra un descenso a los 15 segundos en los tres tipos de dientes, pero la baja más importante se encuentra en el adulto mayor.

Variable: Altura del Pico Máximo del Perfil de Rugosidad (Sp)

Esmalte Resultados pasado filtro Gaussiano				Rugosidad Media Sa Resultados Abbott Firestone			
Parametro	Adulto 10	Joven 10	Mayor 10	Parámetro	Adulto 10	Joven 10	Mayor 10
Sa	2,81046	3,34556	3,50442	Sa	266,124	53,3735	171,966
Sq	6,28922	4,67979	5,59732	Sq	323,44	66,6709	200,43
Sz	282,129	71,8027	198,461	Sz	515,027	263,653	683,452
Ssk	13,9738	0,872494	7,9477	Ssk	-0,681251	-0,844343	-0,13787
Sku	4030,02	8,79059	433,951	Ssu	2,72467	3,27611	1,97769
Sp	887,204	66,1132	406,971	Sp	1063,03	179,918	465,37
Sv	614,996	27,2089	120,899	Sv	1117,46	255,148	702,192
St	1502,17	93,3221	527,87	St	2180,49	435,067	1167,56
Sdar	3463794	3650169	3741783	Sdar	8304601	5891378	13474563
Spar	3129612	3129612	3129612	Spar	4861154	4861154	4861154
Smean	-0,0321653	-0,022553	-0,0170545	Smean	-17281,4	-35643,9	-18731,4
Smr	0,0002261	0,0002261	0,0002261	Smr	0,00022606	0,00022606	0,00022606
Smc	4,79256	5,21537	5,57105	Smc	382,786	76,3033	270,056
Sxp	12,2834	8,56594	9,0519	Sxp	768,773	175,046	367,652
Sal	20,3393	20,0139	15,7452	Sal	326,96	502,695	422,173
Str	0,0206879	0,714495	0,615913	Str	0,252982	0,564883	0,412422
Std	59,5024	23,75	94,7647	Std	60,7487	3,99972	95,9951
Sdq	1,26451	0,672524	0,983727	Sdq	9,05275	0,834597	14,7405
Sdr	10,678	16,6332	19,5606	Sdr	70,8372	21,193	218,331

	Joven	Adulto	Mayor
Referente no grabado	53,3735	266,124	171,966
10 segundos	72,0285	175,6623	161,9327
15 segundos	75,5863	155,0387	75,556
20 segundos	104,9907	182,451	123,568

Los resultados realizados a través de la curva Abbott Firestone, fueron, ratificados, al compararse con los resultados al ser pasado por un filtro Gaussiano.

- 1). A los 15 segundos el pico máximo se encontró en la superficie del adulto.
- 2). La superficie adulto mayor presentó su pico máximo a los 10 segundos.
- 3). La superficie joven alcanzó su pico máximo a los 20 segundos.
- 4). A los 15 segundos joven y adulto mayor dieron resultados parecidos, pero solo en este tiempo, en 10 y 20 segundos dan resultados estadísticamente diferentes.
- 5). Sin embargo, en los tres tiempos utilizados en el estudio, 15, 10 y 20 segundos, la superficie más sensible a la acción del ácido fue la adulta, donde se observaron los valores más altos de erosión como resultados de la aplicación del ácido.

Resumen de media parámetro de amplitud: Filtro Gaussiano.

Sp	Joven	Adulto	Mayor
Referente no grabado	887.204	66.113	406.971
10 segundos	49.230	88.294	101.253
15 segundos	42.815	49.230	71.066
20 segundos	81.706	77.552	80.7879

Sv	Joven	Adulto	Mayor
Referente no grabado	614.996	27.209	120.899
10 segundos	41.196	80.987	30.398
15 segundos	21.303	26.656	21.782
20 segundos	200.238	43.657	27.246

St	Joven	Adulto	Mayor
Referente no grabado	1502.170	93.322	527.870
10 segundos	90.457	169.021	131.651
15 segundos	64.117	75.886	92.848
20 segundos	281.944	121.209	44.256

Sz	Joven	Adulto	Mayor
Referente no grabado	282.129	71.803	198.461
10 segundos	59.399	89.393	64.601
15 segundos	40.258	50.899	62.973
20 segundos	178.320	76.397	24.934

Variable: Máxima profundidad de valle (Sv)

1. En la media de máxima profundidad de valle, la superficie más afectada nuevamente es la adulta constante que se mantuvo a lo largo del estudio, en la aplicación de los tres tiempos de grabado, seguida del adulto mayor y finalmente la joven es la menos afectada.

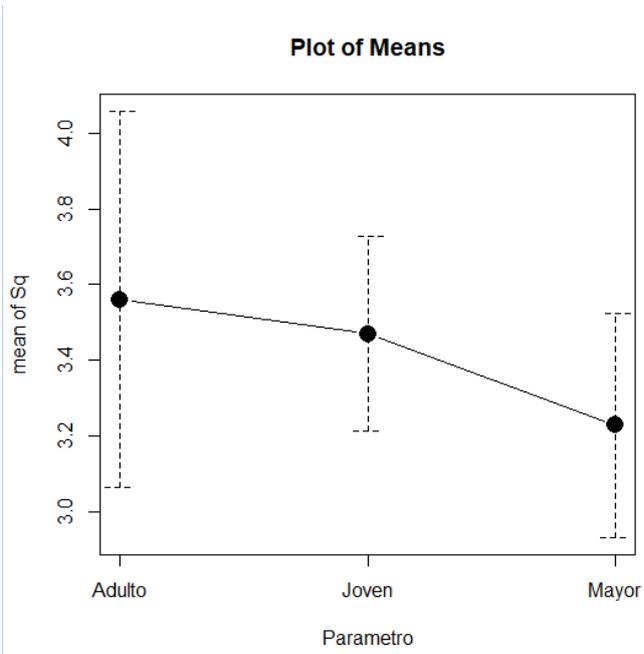
Analisis de la Evaluación de los Resultados

Al evaluar los resultados de los tres grupos de trabajados en este estudio de investigación in vitro, con un criterio de seguimiento de parámetros y protocolos idénticos a los realizados en clínica para minimizar los márgenes de errores, hemos encontrados valores estadísticos significativamente diferentes en las superficies tratadas con la técnica de grabado ácido.

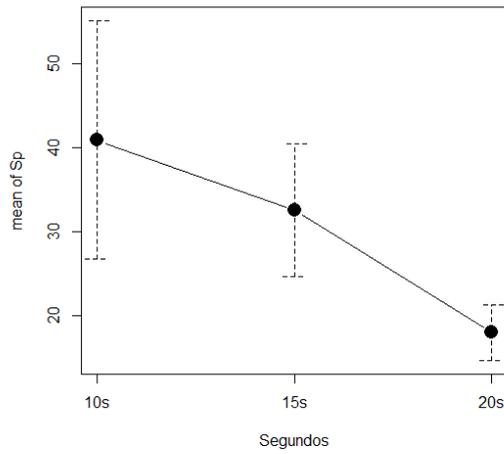
También se encontraron diferencias en la evaluación de los tiempos tratados dando estos resultados acordes se baja o se sube el tiempo lo que indica que esta variable es fundamental a tenerse en cuenta en la técnica, al momento de evaluar resultados finales en la superficie del esmalte.

La diferencia más significativa y la de mayor sensibilidad a los efectos de la técnica de grabado ácido, en los tres tiempos usados en el estudio la encontramos en la superficie adulta, observamos que esta la superficie más sensible a la acción del ácido, mientras que entre la joven y la adulta mayor las diferencias estadísticas son más cercanas, pero aun así siguen siendo significativas según el tiempo con el que fueron tratados.

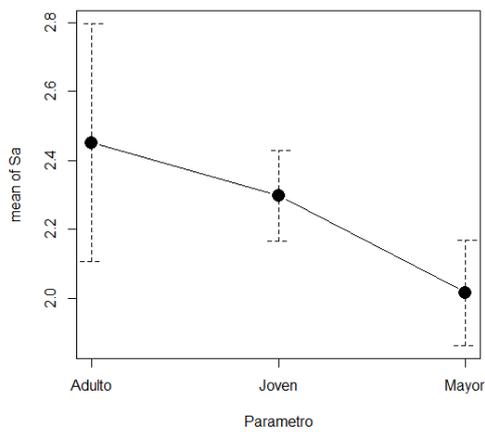
Esas diferencias también se pueden observar en los referentes no grabados tienen gran diferencia estadísticas superficiales. Estos resultados nos llevan a realizar una revisión de protocolo de grabado que se realiza en la actualidad y que no clasifican al esmalte por sus períodos de madurez. Al observar las diferentes superficies M.E.B primero se evaluaron las superficies a los referentes no grabados cuya superficie también fueron tratadas con protocolos idénticos a los clínicos para realizar la técnica, sus resultados superficiales son significativamente diferente en sus diferentes períodos evolutivos, siendo la más irregular la superficie joven que muestra los efectos de técnicas como cepillado, hábitos, y los efectos de los ácidos bucales. Donde pudimos observar que presentan fuertes daños superficiales, y que por los factores es la más expuesta y sensible a los efectos del grabado ácido como se observa en la estadística de los resultados finales.



Adulto, Sp
 Vemos que hay una reducción de los picos Sp, es decir cuando mas tiempo pasa, mayor numero de picos han sido atacados por el acido.



Podemos ver que el adulto es el que presenta una mayor rugosidad de los parametros independientemente del tiempo al que ha estado en contacto con el acido



8.- DISCUSSION

8.- DISCUSION

La decisión de evaluar las etapas evolutivas y cronológicas del esmalte en nuestro trabajo de tesis, se basa en que siendo el esmalte dental la superficie más usada y confiable para la realización de técnicas adhesivas aún se siguen teniendo grandes fallas en su aplicación diaria.

Esta tesis analiza las respuestas de la evolución cronológica del esmalte a la técnica de grabado ácido convencional, ya que la solución a los fallos y errores cometidos en las técnicas se han focalizados en los tipos de ácidos sus concentraciones y los tiempos de aplicación hasta ahora, obviando la superficie del esmalte normal y los cambios histológicos, físicos, químicos y estructurales que se dan en su superficie en su evolución cronológica y que por no ser estudiada con gran énfasis en sus cambios evolutivos hasta ahora no hemos tenidos las respuestas confiablemente deseadas.

Para la búsqueda de esas respuestas en nuestro estudio procedimos a realizar las siguientes evaluaciones:

- 1) Evaluación de la rugosidad superficial original del esmalte de tres referentes en sus periodos evolutivos: Joven – Adulto – Adulto Mayor. Sin la aplicación de la técnica de grabado ácido.
- 2) Evaluación de la rugosidad superficial de nueve dientes con esmalte joven, después de ser sometidos a la técnica de grabado ácido convencional con ácido ortofosfórico al 35% y en tres tiempos de grabado, 15, 10 y 20 segundos.
- 3) Evaluación de la rugosidad superficial de nueve dientes con esmalte adulto, después de ser sometidos a la técnica de grabado ácido convencional con ácido ortofosfórico al 35% y en tres tiempos de grabado, 15, 10 y 20 segundos.
- 4) Evaluación de la rugosidad superficial de nueve dientes con esmalte adulto mayor, después de ser sometidos a la técnica de grabado ácido convencional con ácido ortofosfórico al 35% y en tres tiempos de grabado, 10, 15 y 20 segundos.

5) Evaluación para determinar si existen cambios importantes en la superficie del esmalte con las variables utilizadas, en la aplicación de la técnica de grabado con ácido ortofosfórico, edad, concentración y tiempo.

Las realizaciones de los protocolos utilizados en este estudio de investigación in vitro han dado como resultados que son diferentes las respuestas del esmalte en sus períodos evolutivos y a los diferentes tiempos de grabado, las técnicas usadas y su precisión en la aplicación nos llevan a confirmar la fiabilidad de los resultados obtenidos.

La metodología utilizada en el estudio difiere en gran parte con estudios relacionados realizados previamente ya que en la amplia revisión bibliográfica realizada, encontramos estudios orientados a diferentes componentes del protocolo de grabado ácido como: la concentración del ácido, los tiempos de grabados, los defectos de desarrollo del esmalte (hipoplasia del esmalte, esmalte fluorotico), otros ácidos como el maléico, cítrico, fluorhídrico y el ácido clorhídrico, uso de arenado superficial, el láser y la técnica de desproteización, pero nada relacionado con la evolución cronológica del esmalte como elemento principal y el tiempo de grabado en la técnica de grabado ácido convencional. Otro importante factor a tener en cuenta cuando revisamos otros estudios es que su relación se hace imposible pues nuestro estudio fue realizado con el cuidado y los protocolos idénticos a los realizados en la clínica con esmalte humano normal clasificado por período evolutivo y una gran parte de los estudios evaluados por nosotros fueron realizados sobre esmalte bovino. No tratamos en nuestro estudio con ningún tipo de defectos de desarrollo ni temporales nuestro estudio se centró en los períodos evolutivos del esmalte normal y la técnica de grabado ácido convencional.

Por todos los factores antes mencionados se nos hace muy difícil y por la metodología usada comparar nuestro estudio con los resultados de otros estudios previamente realizados con metodologías diferente y esmalte con algún tipo de patología en su superficie. En cuanto al grabado ácido para aumentar su eficacia y por consiguiente mejor adhesión al esmalte se ha variado la concentración y el tiempo de aplicación de este.

La primera generación de grabadores ácidos se produjo a mediados de 1970, con concentraciones de ácido ortofosfórico que oscilaban entre el 37% y el 50%. A medida que se

desarrollaban los productos se comercializaban los grabados ácidos con diferentes fórmulas e instrucciones de aplicación.

El grabado ácido se clasifica según el efecto que genera sobre la superficie del esmalte. Mediante sistema de observación microscópica se han evaluados diferentes patrones de grabados ácido en el esmalte. Estos fueron descritos por distintos equipos de investigación a lo largo de los años.

Silverstone y cols. En 1975 determinaron los patrones tipo I, II Y III por los efectos causados por la acción del ácido sobre y alrededor del prisma del esmalte:

- Patrón tipo I: Se caracteriza por la remoción de los centros de los prismas del esmalte.
- Patrón tipo II: Se caracteriza por remover la periferia de los prismas.
- Patrón tipo III: Se caracteriza por una erosión tanto de los centros como de la periferia de los prismas.

Este primer y gran estudio clasificatorio de la acción del ácido difiere de la metodología de nuestro estudio que las superficies de esmaltes usadas no fueron clasificadas por edad, sino que se trataron como una superficie única, tiempo único de 15 segundos y concentración del 37%.

Galil y Wright en 1979 definieron los patrones tipo IV y V.

- Patrón IV: Se observa la superficie con hoyos y marcas muy irregulares.
- Patrón tipo V: No hay evidencia de los prismas, se caracteriza por una superficie lisa.

Este estudio basado y con metodología en aumento del tiempo del grabado, coincidimos que el factor tiempo es fundamental controlarlo por los daños que se pueden causar a la superficie del esmalte por exposición prolongada en la técnica.

Zafar y Ahmed después de detectar que un aumento en el tiempo de grabado dió como resultado un aumento de la rugosidad de la superficie de todos los tejidos dentales bajo investigación, concluyeron que el tiempo de grabado influye en las propiedades de los tejidos dentales duros, particularmente del esmalte superficial. Estas propiedades tales como la

rugosidad y la dureza se pueden alterar notablemente en cuestión de pocos segundos, de manera que no deben grabarse durante más de 30 segundos.¹⁷⁵

Seoyoun Shim and Seon Mi Kim en su presentación determinaron también este tiempo como adecuado para realizar el proceso. No obstante, unos rangos más amplios determinaron Flores C y cols que según sus resultados obtenidos confirmaron entre 15 y 45 segundos son donde se encuentran las condiciones clínicas favorables de la superficie dental para recibir el material de la restauración.¹⁷⁶

Así pues, la mayoría de autores afirman que un tiempo de unos 30 segundos aproximadamente es el ideal para el grabado ácido en el esmalte, teniendo en cuenta los cambios estructurales que se producen y determinan que este es el mejor tiempo en relación a evitar reacciones adversas. De otro modo, otros autores determinan un rango más amplio de segundos para realizar este procedimiento.

Nuestra diferencia con estos estudios radica en que están basados en el aumento de tiempo y no en las características de las superficies tratadas pues unas necesitaran mayor tiempo de exposición y en otras ese mismo tiempo causa daños irreversibles al esmalte.

En cuanto a las diferentes concentraciones, vemos que los estudios difieren en algunos casos de las pautas generadas por el laboratorio de 30% a 50% de ácido ortofosfórico durante 60 segundos.

Sara F. y cols. concluyeron en su estudio que el aumento de esta concentración no afecta a la resistencia de unión independientemente de la preparación de la superficie, pero en cambio en 2018 a través de varios estudios se ha visto que la máxima resistencia de unión se logra utilizando ácido al 40% y esta aumenta con el aumento de la concentración.¹⁷⁸ En nuestra metodología preferimos usar la concentración del 35% para verificar los efectos sobre los tres tipos de superficies tratadas por considerarla más adecuada y ajustadas a los estudios más recientes.

La técnica de grabado ácido también ha sido sometida a cambios acordes con las apariciones de nuevos biomateriales y así lo confirman múltiples estudios para evaluar en acondicionamiento parcial, acondicionamiento total y los nuevos adhesivos auto grabadores

estos últimos sometidos a un gran número de estudios, por sus tipos de respuestas a la técnica adhesiva al esmalte. También se ha querido aumentar la eficacia del grabado combinándola con rayos laser o técnica de arenado para preparar mejor la superficie del esmalte.¹⁷⁹

Como podemos ver constantemente se siguen buscando alternativas que nos aseguren la estabilidad de la técnica adhesiva al esmalte, pero en su gran mayoría se han focalizados en los factores externos y no se han estudiados hasta ahora los cambios evolutivos del esmalte que como demuestra nuestro estudio es la clave para disminuir las fallas en la técnica.

Técnicas como la desprotección propuestas por Espinosa y colaboradores para grabar el esmalte temporal con mejores resultados, fueron alternativas que trazaron pautas y aun lo hacen para obtener la respuesta deseada cuando se aplica la técnica de grabado ácido en los dientes temporales. En su estudio concluyeron: "Podemos concluir que el grabado del esmalte de un diente primario es más deficiente al de un diente permanente, por lo que la adhesión de diferentes materiales también será pobre. Las características de ambos son disímiles, tanto en la morfología superficial como la profunda ante un grabado ácido, resultando una diferencia sustancial entre ambas, donde se tiene una menor retención mecánica al esmalte temporal que en la permanente. Sin embargo, con la aplicación de la desprotección, se vislumbran mejoras en el área de la restauración con adhesión en ambas denticiones".¹⁸⁰

Este estudio puede ser una alternativa a la característica de resistencia al grabado ácido encontrada en nuestro estudio en la superficie del esmalte joven por el componente orgánico en su superficie, como son los restos de la membrana de Nasmith y el biofilm adquirido.

Después de evaluar todos estos estudios lo que más adecuado que encontramos en nuestra amplia revisión bibliográfica fue el trabajo realizado en la Universidad de Guadalajara de México realizado sobre dientes permanentes con ápices abiertos y cerrados sometidos a técnica de grabado ácido para la colocación de brackets en ortodoncia. Esta marca una pequeña parte del proceso evolutivo del esmalte, que es el objeto principal de nuestro estudio.

¹⁸¹

Aunque si este que evaluó 40 piezas dentarias 20 con ápice inmaduro y 20 maduro y exposición de tiempo de 15, 30, 45 y 60 segundos, en una de sus conclusiones recomienda no

grabar por 60 segundos en ápices maduro, en lo que coincidimos porque nuestro estudio demostró con sus resultados que hay mayor resistencia al ácido en el diente más joven.

Otro que encontramos que hacen referencia a la edad cuando se graba y que nos llamó la atención para mencionar fue el de, Barbara Vincenzi, y cinco cols. Que dicen la fuerza de unión de los sistemas de resinas adhesivas pueden depender de la edad del paciente, profundidad de la lesión, y extensión de la afectación cariosa de la estructura dentaria, mencionan tres factores entre ellos la edad, pero no como factor evolutivo. ¹⁸²

Con este estudio coincidimos porque el esmalte viejo o adulto mayor tiene gran pérdida de material en su superficie y mayor cantidad de fluorhidroxiapatita que ambos factores disminuyen la capacidad de unión en la técnica adhesiva ya que esta superficie es rica en iones de carbono, pero con mucho menor cantidad de prismas en su estructura.

La técnica de grabado ácido es uno de los parámetros decisivos dentro del procedimiento restaurativo con materiales estéticos y adhesivos. Por sus características mayoritariamente inorgánicas las investigaciones confirman que con el esmalte seco se logran mejores resultados adhesivos, esto se comprueba para la adhesión a esmalte dado que el adhesivo usado sobre el esmalte es hidrofóbico. ^{183,184,185,186}

En fin, a pesar de las mejoras y los biomateriales adhesivos y resina, el fallo de los tratamientos se mantiene por uso indebido de biomateriales, pero la principal causa es no poder conseguir un correcto grabado en la estructura del esmalte para obtener las características retentivas adecuadas en cada etapa o tipo de esmalte. Esto nos ha llevado a la realización de este estudio in vitro para verificar que la técnica de grabado ácido convencional se debe aplicar por período evolutivo no cambiando su concentración, pero si variando el período de tiempo para lograr mayor efectividad en la técnica.

A partir del 1955 con los protocolos de Buonocores la preparación del esmalte para técnica adhesiva se ha basado en la técnica de grabado ácido. El cambio en la superficie creada por la disolución en la superficie de los cristales de hidroxapatita cambiando una superficie de baja energía superficial en una alta energía que permite la penetración de los componentes de los adhesivos fluidos, permitiendo retención micro mecánica al facilitar la penetración de las resinas, a la vez que mantiene la resistencia de la unión estable para su función, sin embargo

los fallos que se producen en la práctica diaria requiere que se profundice en la estabilidad de la técnica a largo plazo.^{187,188}

El éxito como resultado final de las técnicas adhesivas depende del correcto uso de la técnica de grabado ácido, que es el paso número uno del inicio de toda técnica adhesiva y este éxito se obtiene al lograr tener una superficie de esmalte íntegra sin causar en el uso de la técnica algún tipo de injuria o iatrogenia que lo inhabiliten como una superficie adecuada para retención del material restaurador, como puede ser el manejo inadecuado o eliminación del prisma elemento fundamental en la técnica adhesiva al esmalte y cuyo mal manejo influiría en la buena función y la salud de los tejidos adyacentes y soportes del esmalte, de ahí el gran cuidado y condiciones específicas que debemos tener siempre que usemos esta técnica para tratar el esmalte.

Finalmente queremos dejar establecido que el éxito en la aplicación de la técnica del grabado ácido convencional, depende principalmente de tres grandes factores, la concentración del ácido ortofosfórico, tiempo de exposición y la calidad del esmalte que se va a tratar, como son el tipo, característica y etapa del período evolutivo que se encuentra, factor que hasta la realización de este estudio no se había tomado en cuenta como un factor de vital importancia en dicha técnica, y los resultados estadísticos del estudio demuestran respuestas diferentes significativamente a la técnica de grabado ácido convencional y en los diferentes tiempos de grabado.¹⁸⁹

Los resultados finales de este estudio no son fáciles de comparar con otros realizados previamente en esmalte permanente, debido a que prácticamente ningún estudio anterior se había clasificado la evolución cronológica del esmalte al momento de realizar la técnica de grabado ácido sobre el esmalte permanente normal y su evolución, por consiguiente, no son idénticos a el estudio presente en la selección de los dientes y la metodología utilizada, los factores y parámetros tomado en cuenta al momento de realizarlo. Las variaciones tan marcadas en los resultados obtenidos en este estudio, no son tan comunes, pues los estudios realizados previamente siguen un mismo comportamiento; manejo del tiempo y concentración del ácido, pero ninguno la evolución del esmalte normal. Los resultados estadísticos significativamente diferentes de nuestro estudio se deben a los parámetros

estudiados en el esmalte, los tiempos de grabados y la concentración del ácido utilizada para la realización del mismo.

Está claro que no es posible controlar en el laboratorio todas las variables que influyen en los mecanismos de determinadas técnicas, pero se debe trabajar para lograr unificar criterios para estandarizar dichas pruebas controlando los factores más importantes y de esta manera lograr parámetros dentro de resultados afines.¹⁹⁰

“Retief, en la primera conferencia internacional sobre odontología adhesiva celebrada en Los Ángeles (California) en enero de 1991, hizo una llamada para estandarizar las pruebas de laboratorio, ante la imposibilidad de comparar los datos obtenidos en diferentes lugares”.¹⁹¹

Después de evaluar y revisar la literatura relacionada con el grabado ácido a través de su historia, queremos resaltar pero muy difícil de comparar los grandes aportes cuantitativos y cualitativos hechos por estudios a la técnica de grabado ácido como el pionero hecho por M. Buonocore en 1955 con concentración de 85%, el de Silverstone y cols en 1975 donde definió los tres tipos de grabados que se dan en el esmalte con concentración de 37% y 15 segundo de tiempo de exposición y Fusallama y Nakabayashi en 1982 con acondicionamiento total esmalte y dentina con concentración de 40%. Muchos otros estudios han hechos grandes aportes para la mejoría de la técnica de grabado ácido al esmalte, pero los antes citados son los referentes al momento de iniciar un proyecto de estudio de adhesión al esmalte sin quitar méritos a otras grandes investigaciones realizadas por grandes investigadores.

Finalmente, al concluir nuestro estudio queremos resaltar los postulados de k. Anusavise de lograr una odontología mínimamente invasiva y a la vez altamente bioconservadora, esto solo lo lograremos cuando alcancemos la mayor confiabilidad de los parámetros adhesivos comenzando con una buena técnica de grabado ácido al esmalte, base principal de los principios adhesivos, y que con los aportes dados a través de nuestro estudio esperamos estar cada vez más cerca de alcanzar dicha meta.¹⁹²

Hoy sabemos que los innumerables estudios de adhesión al esmalte han dado como resultado suficiente evidencia, con un protocolo sencillo y metódico, se consigue una gran fuerza de unión aun mayor que la ejercida por la contracción de polimerización, que es la fuerza de oposición que causa los desprendimientos del bloque restaurador como fuerza de contraste.

Al disminuir factores adversos conocer más de los factores que inciden en la técnica adhesiva, y unificar los criterios lograremos alcanzar en un futuro no muy lejano, esa odontología altamente bioconservadora que fue la meta de los grandes pensadores de la odontología

8.1.- DISCUSIÓN DE LA METODOLOGÍA

Para evaluar la rugosidad del esmalte en la actualidad se utilizan una gran variedad de métodos y aparatologías, que nos permiten de manera precisa determinar los efectos que sufre la superficie del esmalte por las acciones de su evolución cronológica, medio bucal, comidas, bebidas, hábitos, así como las técnicas de cepillados, pastas dentales, flúor, jugos gástricos y la aplicación de ácidos, blanqueamientos dentales y desproteinización. Son técnicas usadas para alterar su superficie y adaptarla a la necesidad de conveniencia para un determinado proceso. Muchos sistemas de aparatologías se han utilizados para evaluar la rugosidad del esmalte en diferentes tiempos y diferentes investigaciones con sus ventajas y desventajas. Podemos citar entre estos aparatos: Estereomicroscopio, Micro análisis por sondas de electrones, Microscopio de Fuerza Atómica, Difracción de Rayos X, Espectroscopia Infrarroja, Microscopio Electrónico de Barrido, Microscopio Electrónico de Barrido y de Transmisión, Rugosímetro, Microscopio de Energía Dispersa, Micro Topografía, Microscopia Electrónica Analítica Cuantitativa, Microscopio Metalográficos y otros que mencionaremos en el desarrollo de este tema.

La metodología de nuestro trabajo se basó en evaluar cómo afectan estos factores anteriormente citados la superficie del esmalte normal en su proceso evolutivo ya que su resultado final se traduce en efectos como erosión, abrasión, atrición y re mineralización, y como afectan estos cambios la respuesta del esmalte a la técnica de grabado ácido convencional. Se utilizó para evaluar la caracterización de la rugosidad superficial: El interferómetro confocal Leica R DCM 3D.

El primero en analizar la superficie del esmalte para evaluar los efectos de un ácido sobre esta superficie fue, M. Buonocore que lo hizo después de aplicar ácido ortofosfórico al 85% en 1955. La segunda evaluación que marco hito en la historia de la odontología fue la realizada por Silverstone en 1975 veinte años más tarde, con una gran diferencia no solo en el tiempo transcurrido sino también en técnicas y resultados, mientras que la investigación de Buonocore se realizó con resultados generalizados, Silverstone puntualizó, concentración y tiempo de aplicación que les permitieron clasificar de forma numérica los efectos del ácido sobre los prismas del esmalte y determinar tres patrones del esmalte según la respuestas del

esmalte, a los dos vectores usados en la metodología de su estudio: concentración del ácido 37% y tiempo de aplicación, 15, 30, 45 y 60 segundos. ^{193,194,195}

La importancia de la evolución cronológica dental y su evaluación para su uso en amplios campos a través de nuestras vidas nos obliga a definir qué área y para que queremos utilizar este evento que sucede en el diente y en nuestro caso específico en la superficie del esmalte, para técnicas adhesivas, por eso iniciamos esta discusión de la metodología de nuestro trabajo citando este artículo de: Fatma Deniz Uzumer, Emine Kaygisiz y Nilufer Darendeliler publicado en 2017. Defining Dental Age for Chronological Age Determination

“La evaluación de la edad dental es uno de los métodos más fiables de estimación cronológica de la edad utilizado en estudio de criminología, forenses y antropológicos. Las técnicas visuales, radiográficas, químicas e histológicas se pueden utilizar para la estimación de la edad dental. El método visual se basa en la secuencia de erupción de los dientes y los cambios morfológicos que se causan debido a la función como el desgaste, cambios en el color que son indicadores de envejecimiento. Las radiografías de la dentición se pueden utilizar para determinar la etapa del desarrollo dental de los dientes de la mineralización inicial de un diente, formación de corona para la maduración del ápice de la raíz. Los métodos histológicos requieren la preparación de los tejidos para un examen microscópico detallado. El análisis químico de los tejidos duros dentales determina alteraciones en los niveles iónicos con la edad, mientras que los métodos histológicos y químicos son métodos invasivos que requieren extracción/sección del diente. En este capítulo, las diferentes técnicas y estudios considerados se examinaron junto con sus ventajas y desventajas.

Debe tenerse en cuenta que, en lugar de restringir una técnica de estimación de edad, utilizar las otras técnicas disponibles adicionalmente y realizar mediciones repetitivas puede ser beneficioso para la estimación precisa de la edad.” ¹⁹⁶ Los estudios de Raj y Ramesh son un aporte a la odontología forense donde utilizaron los dientes para determinar la edad y el sexo. El esmalte es la sustancia más dura conocida en el cuerpo humano. En su evolución cronológica a medida que el diente madura, la capa superficial del esmalte presenta características de hipo e hipermineralización, en su estructura que pueden alterar los resultados de técnicas como la del grabado ácido que se realiza en su superficie para procesos adhesivos.

Raj y Ramesh en este estudio para evaluar si la superficie del esmalte se puede usar como parámetro para determinar la edad de las personas. Usaron 60 dientes recién extraídos de individuos con un grupo de edad conocido y se realizó un procedimiento de grabado y luego se sometió a un análisis de microscopio electrónico de barrido para evaluar los efectos generados en las superficies. Los resultados de sus estudios concluyeron que el patrón de grabado predominante observado en el grupo de edad de 20-30 años después del grabado ácido durante 15 s es el patrón de Tipo I (66%), mientras que en el grupo de 50-60 años, es el patrón de Tipo II (61.6%). Se observó una diferencia significativa en los grupos de edad respectivos entre el tipo de patrón de grabado. Esta técnica puede ser un complemento muy útil para la determinación de la edad en el campo de la odontología forense.¹⁹⁷

En el estudio realizado por Radomir Barac, Jovanka Gasic Natasa Trutic, Slavica Sunaric Jelena, Popovic Petar, Djekic Goran, Radenkovic, Aleksandar Mitic. Sobre el efecto de refrescos, jugos y bebidas energéticas con perfilometría del lápiz concluyeron que estas representan un factor etiológico importante responsable de las lesiones erosivas del esmalte dental, además demostraron que dicha erosión es proporcional al tiempo de exposición.^{198,199,200}

Pampan Li y cols mediante el uso de la microscopía de fuerza atómica, evaluaron cuantitativamente la variación de la rugosidad superficial (Ra) y el módulo elástico (E) del esmalte dental humano causado por bebidas disponibles comercialmente (Coca-Cola®, Sprite® y jugo de naranja (Minute Maid®)) a nivel de escala nanométrica. Encontraron que la superficie de los dientes humanos se desbasta gradualmente mientras está en contacto con los refrescos, y la rugosidad de la superficie (Ra) aumentó linealmente con el tiempo de grabado. Además, el módulo elástico (E) cayó tremendamente con diferentes tiempos de remojo en los refrescos. Vale la pena señalar que el desbaste de la superficie del esmalte y la degradación de la resistencia del esmalte en términos de constante elástica se producen en poco tiempo con el contacto con la bebida. Sus hallazgos sugieren una mayor probabilidad de caries debido al deterioro a nano escala de la capa de esmalte cuando se expone a varios refrescos.²⁰¹

En este estudio de investigación realizado por Panda A , Ghosh B , Pal I , Kumar V , Bhuyan L , Dash KC en la India evaluando el efecto de bebidas carbonatadas y el incremento de esta

en el nuevo estilo de vida de la población de la India concluyeron que el pH de las bebidas carbonatadas y los jugos de frutas estaba por debajo del pH crítico. El estudio mostró que estas bebidas comerciales son dañinas para las estructuras de los dientes. El cambio en el estilo de vida ha aumentado la demanda de refrescos y jugos artificiales en el mercado indio. El uso de estas bebidas carbonatadas y jugos de frutas causa daños a la estructura dental en todas las edades, especialmente en masas jóvenes. Lo que coincide con nuestro estudio sobre los efectos sobre la superficie dental y sus cambios superficiales. ²⁰²

El estudio hecho por A.M. Lennon y cols demostró que el uso de altas concentraciones de fluoride® entregado a bajo pH fue eficaz en la prevención de la erosión en su estudio. Esto confirma los resultados de un estudio anterior que mostró que una alta concentración de fluoride® entregado a bajo pH previno la erosión [Buchalla et al., 2004]. Varios otros estudios han demostrado un efecto preventivo de la erosión para ácido en comparación con los geles de fluoride neutros [Attin et al., 1999; Mok et al., 2001; Jones et al., 2002]. El uso de gel de fluoride ácido altamente concentrado induce la formación de una capa de fluoruro de calcio en la superficie del esmalte [R-Ila y Saxegaard, 1990]. Esta capa es más resistente a la desmineralización posterior, lo que puede explicar su efecto protector. Anterior investigación con Fluoruro puede demostrar que protege contra la erosión sólo cuando se utilizan concentraciones muy altas. Queda por investigar si la caseína y el fosfato de calcio puede inhibir la pérdida de esmalte erosivo a concentraciones más altas o en una forma más resistente a los ácidos. Concluimos que el gel fluoruro de amina (amF) ácido altamente concentrado puede proteger el esmalte contra la erosión, mientras que caseína fosfato de calcio 5% (CasCP y 250 ppm) fluoruro de sodio (NaF) proporcionan poca protección, ya sea que se utilice individualmente o en combinación, determinar la dosis óptima de protección contra la erosión y, sin embargo, no tóxica. ^{203,204}

El grupo de investigación de los Department of Dental Hygiene, Aichi-Gakuin University, Junior College, Nagoya, Japan Department of Dental Material Science, School of Dentistry, Aichi-Gakuin University, Nagoya, Japan demostraron que los ciclos más largos de des y remineralización aumentaron la microdureza de superficie, la remineralización mejorada con flúor, y el crecimiento del cristal de esmalte aumentó la microdureza de superficie y la rugosidad media superficial. Este estudio indicó que el cristal de esmalte remineralizado era

diferente del cristal antes de que se desmineralizara y que el fluoruro desempeñaba un papel importante en la prevención de la erosión del esmalte.²⁰⁵

Rodríguez Rocha y cols. Evaluaron en un estudio el efecto de diferentes barnices fluorados sobre el esmalte erosionado a través de Microscopia de Fuerza Atómica (MFA) y pudieron concluir que los barnices ayudan a disminuir los efectos de los ácidos sobre el esmalte y los protegen en mayor o menor medida dependiendo del grado de concentración del producto utilizado. Clinpro White Varnish tiene una mejor acción para reducir la rugosidad superficial en la superficie del esmalte cuando se somete a desafíos ácidos.^{206,207}

En el trabajo de investigación realizado en la Facultad de odontología (FOAR)-Araraquara Departamento de Clínica Infantil por Soares, Diana Gabriela de Souza et al

De acuerdo con la metodología utilizada en su estudio, fue posible concluir que el gel al 10% de Peróxido de Carbamida generó solo alteraciones superficiales en el esmalte.

El gel al 38 % de Peróxido de Hidrogeno H₂O₂ causó una reducción mineral de este tejido dental. Con relación a la resina compuesta, todos los tratamientos blanqueadores disminuyeron la dureza de este material. La rugosidad superficial fue analizada por medio de un rugosímetro y la morfología superficial por un microscopio de fuerza atómica.²⁰⁸

En su estudio realizado en la Universidad de Ceara Brasil el Prof. Sérgio Lima Santiago sobre Metodologías para analizar las alteraciones micromorfológicas del esmalte sometida a abrasión, determino que la revisión de la literatura señala diferentes métodos para analizar el desgaste dental, algunos ya bien establecidos y otros emergentes, que van desde técnicas simples a complejas y en constante progreso. Por lo tanto, el conocimiento sobre estas técnicas es indispensable para la elección del método para medir el desgaste dental y sus causas y orígenes. Sin embargo, se hace notable que los efectos de la erosión en el esmalte podrían no ser comprendidos por una sola técnica, pero requiere el uso de diferentes pruebas para una comprensión completa.²⁰⁹

Schlueter y cols. revisaron las ventajas, limitaciones y aplicaciones potenciales de los métodos disponibles para estudiar la erosión del esmalte dental implica cambios histológicos en el tejido duro dental. En las primeras etapas, las propiedades físicas y mecánicas del diente se

modifican, ya que los minerales se liberan al ácido erosivo. El esmalte se ve afectado en su superficie y sufre grandes cambios. [Lussi et al., 2011]. [Selvig, 1968; Meurman et al., 1991; Kinney y col., 1995]., Los métodos para evaluar la erosión del esmalte han sido revisados previamente [Grenby, 1996; Azzopardi et al., 2000; Barbour y Rees, 2004; Attin, 2006; Field et al., 2010]. En su documento, describen las posibles aplicaciones y limitaciones de los métodos existentes con respecto al tipo de superficie, a la naturaleza del estudio de erosión y abrasión, al tipo de modelo experimental, in vitro, in situ y clínico, y a la necesidad de mediciones repetidas a lo largo del tiempo y la necesidad de datos cualitativos o cuantitativos. La revisión bibliográfica en la que se apoyaron para la realización del estudio comprobaron que la perfilometría era el método cuantitativo más comúnmente aplicado para determinar en el esmalte, en modelos in vitro, in situ y también clínicos, seguidos de métodos cuantitativos que evalúan la dureza de la superficie del esmalte. Aunque todos los métodos existentes tienen limitaciones, en combinación pueden satisfacer adecuadamente la mayoría de las necesidades de investigación sobre la erosión dental. Para la erosión temprana, se han utilizado análisis químicos de liberación de minerales y dureza de la superficie del esmalte. La erosión avanzada se ha analizado principalmente mediante perfilometría de superficie y microradiografía. Los cambios morfológicos debidos a la erosión han sido comúnmente estudiados por Microscopio Electrónico de Barrido. ²¹⁰

Nuestra investigación se centró en verificar las respuestas de la superficie del esmalte en sus períodos evolutivos y su respuesta a la técnica de grabado ácido convencional, además de nuestra investigación nos apoyamos en una amplia revisión bibliográfica, trabajos de investigación y estudios relacionados con el tema, se investigó también cómo influyen factores internos y externos sobre esta superficie en su desarrollo y sus influencias en las respuestas de dicha técnica por la pérdida y ganancia de flúor en su superficie. Todos los trabajos antes citados confirman al igual que nuestro estudio los marcados cambios que se dan en la superficie del esmalte en su evolución cronológica.

La confiabilidad de nuestro estudio está basada:

- a) En la metodología utilizada para la realización del estudio.
- b) La cuidadosa forma en la que se clasificaron los dientes por periodo evolutivo para no alterar los resultados.

- c) Analizamos las superficies usando interfometria confocal 3D considerado como el mejor sistema hoy día para la evaluación de la superficie del esmalte.
- d) El cuidado que se mantuvo al momento de la aplicación del protocolo de grabado en los diferentes tiempos y grupo de estudio.

8.2.-Discusión de los Resultados

En la evaluación de la rugosidad superficial de los referentes no grabados en nuestro estudio encontramos grandes diferencias estadísticas, relacionadas con los períodos evolutivos del esmalte y es un proceso continuo, de alteración superficial causados por factores internos y externos, condición que se mantuvo en el esmalte grabado con variaciones según se encuentran en la parte baja de su período evolutivo o en la parte alta con relación a la edad. Los resultados obtenidos en nuestro estudio es la media de la suma de los nueve esmaltes tratados por cada período.

De acuerdo con JMLarsen, después de la erupción del diente, hay un proceso continuo de maduración del esmalte que de interacción clínica con el medio bucal que lo hace más resistente a la desmineralización. Esta maduración consiste en la deposición mineral de fluidos orales en espacios interprismáticos que previamente se llenaban con agua.²¹¹ El cambio en los patrones de grabado podría atribuirse al intercambio iónico continuo con el medio ambiente. Se espera que el esmalte humano se comporte de manera diferente al acondicionamiento ácido, dependiendo de la edad y otros factores.

La conclusión del trabajo de Yusuke Hashimoto y cols. estudio in vitro de cuatro sistemas adhesivos selfetching para la cementación de brackets en ortodoncia determinaron diferentes patrones de erosión en las superficies de esmalte que causaron una pérdida de esmalte significativamente menor con respecto a la técnica de grabado ácido convencional y aseguraron una mayor dureza superficial, lo que puede proporcionar enfoques para la formulación de monómeros ácidos en sistemas adhesivos de selfetching. En la actualidad, la técnica de autograbado produce un vínculo más débil de resistencia, aunque es clínicamente aceptable en comparación con la técnica de grabado de ácido ortofosfórico. Sin embargo, es ventajoso porque se necesita menos tiempo para limpiar los dientes después de la desementación de los brackets. Los resultados sugieren que el uso de una imprimación selfetching para el acondicionamiento del esmalte podría prevenir la descalcificación producida tras el grabado de ácido ortofosfórico. Esta debilidad en la unión adhesiva la relacionamos en nuestro trabajo con la resistencia del esmalte joven a los efectos del ácido.

El trabajo realizado por Mehmet Akin y su grupo sobre esmalte desmineralizado de la Universidad de Selcuk, Konya, Turcy demostraron que la desmineralización del esmalte reduce significativamente la resistencia a la unión por cizallamiento (SBS) de los soportes de ortodoncia y cambia el color del esmalte, que se puede detectar visualmente. La aplicación de fosfato de calcio fosfopéptido-amorfo de caseína (CPP-ACP) y los procesos de microabrasión restauran la disminución de la resistencia a la unión por cizallamiento de la ortodoncia y cambian el color del esmalte causado por la desmineralización del esmalte. La aplicación de fosfato de calcio fosfopéptido-amorfo de caseína es más eficiente que la microabrasión para restaurar los valores reducidos de la resistencia a la unión por cizallamiento. Esta confirmación coincide con nuestro trabajo en la necesidad de tratar cada tipo de esmalte acorde a su respuesta.²¹³

El esmalte está en comunicación dinámica continua con el ecosistema de la cavidad bucal. El proceso de desmineralización y remineralización está siempre presente y su equilibrio proporciona integridad del esmalte. Si los factores agresivos externos dirigen ese equilibrio hacia las actividades de desmineralización, la integridad de la rejilla cristalina se debilita, y el grosor y la resistencia del esmalte disminuye. Superar un cierto borde de resistencia mecánica del esmalte conduce a fracturas de esmalte y formaciones de cavidad, y al comienzo de daños irreversibles.^{214,215,216} Lo que confirma nuestra hipótesis sobre los cambios evolutivos del esmalte y su importancia al momento de aplicar la técnica de grabado ácido.

Los resultados del trabajo de Torres-gallegos y cols sobre esmalte sano y esmalte fluorótico permitieron concluir que el esmalte saludable presentó aumentos graduales en el desgaste de la superficie con el aumento del tiempo de grabado, y en diferentes momentos se encontraron diferencias significativas en la rugosidad de la superficie. La rugosidad superficial en esmalte sano aumentó a 180,3 nm y el perfil de profundidad alcanzó 3295 nm, por lo que sugerimos que los tiempos de grabado óptimos sean 15 segundos para el esmalte sano y el esmalte fluorótico suave, y 30 segundos para el esmalte moderadamente fluorado. Para el esmalte severamente fluorótico, el grabado no proporcionó valores óptimos de rugosidad superficial y perfil de profundidad, y el éxito clínico de esta condición es incierto. El uso de una microabrasión para eliminar capas externas de esmalte fluorado antes de la aplicación de ácido fosfórico podría ayudar a mejorar la superficie del esmalte, proporcionando una mejor retención para aplicaciones de unión adhesiva.²¹⁷ Estos

resultados del esmalte fluorótico y sus diferentes niveles de afección y sus respuestas a la técnica de grabado ácido coinciden con el proceso evolutivo del esmalte normal.

Los resultados y conclusiones obtenidos en el estudio realizado por Bruno Bochnia Cerci y cols para analizar la rugosidad del esmalte con diferentes tiempos de grabado, mostraron variación de rugosidad, las variables de rugosidad presentaron diferencias estadísticamente significativas para todos los grupos, con valores que aumentaron con el tiempo de grabado. Este aumento fue mayor de T0 a T15 que de T15 a T30. Las alteraciones de la superficie del esmalte T15 a T30 se producen principalmente debido al aumento de la altura y la profundización de la región central de los prismas. En conclusión, AFM permitió la evaluación cuantitativa de la rugosidad del esmalte, que aumentó con el aumento de los tiempos de grabado. Este aumento es mayor de 0 a 15 s que cuando se compara con el de 15 a 30 s. Las alteraciones de la superficie del esmalte de T15 a T30 ocurrieron principalmente debido al aumento de la altura y la profundización de la región central de los prismas. Los estudios cuantitativos que se presentan aquí pueden ayudar a evaluar la contribución real de la rugosidad del esmalte dental a los valores de adhesión en trabajos futuros.²¹⁸ Esta variabilidad de tiempo y efectos también los comprobamos en nuestro trabajo con respuestas distintas acorde se baja o aumenta el tiempo.

En estudio realizado por Zafar y Ahmed “Los efectos del tiempo de grabado ácido en las propiedades mecánicas superficiales de los tejidos duros dentales”, concluyeron que el tiempo de grabado influye en las propiedades superficiales de los tejidos duros dentales particularmente el esmalte. Las propiedades de la superficie del esmalte, como la rugosidad y la dureza, pueden modificarse notablemente en cuestión de segundos. Un tiempo de grabado más prolongado que el recomendado es probable que aumente la rugosidad de la superficie y disminuya la dureza; comprometiendo la resistencia de la unión de los materiales adhesivos en aplicaciones clínicas.²¹⁹ Estos resultados fueron ratificados en nuestro estudio donde demostramos que calidad del esmalte, concentración del ácido y el tiempo son los factores fundamentales en la técnica de grabado ácido al esmalte.

Nuestro estudio aporta a la técnica de grabado ácido del esmalte la gran importancia que tiene la clasificación de los períodos evolutivos de su superficie, en el esmalte normal. Muchas técnicas alternativas se han desarrollado en busca de evitar los fracasos por dicho

desconocimiento, como las tipificaciones del esmalte por sus características histológicas, pero hasta ahora no se había evaluado su evolución cronológica y su gran importancia, donde evidenciamos que es fundamental al momento de aplicar la técnica.

Se necesita otro estudio que además de evaluar lo comprobado por el nuestro se profundice más y nos diga, tiempo y superficie evolutiva con los cuales podemos obtener de manera precisa grabados tipo I y II.

9.- CONCLUSIONES

9.- CONCLUSIONES

1. El comportamiento del esmalte como respuesta a la aplicación del grabado ácido es diferente en función de las dos variables estudiadas: edad y tiempo de aplicación
2. La respuesta del esmalte en sus períodos evolutivos es diferente en cada una de sus etapas, por lo que no debe tratarse como una superficie única, ya que por sus cambios histológicos, físicos, químicos y estructurales no lo es.
3. A los 15 segundos tiempo de referencia en la técnica de grabado ácido convencional, el pico máximo se encontró en la superficie del adulto.
4. Al disminuir el tiempo de grabado a 10 segundos como parámetro inferior inmediato de tiempo, el pico máximo se registró en la superficie adulto mayor.
5. Con el aumento del tiempo a 20 segundos como parámetro superior inmediato, la superficie joven mostró su pico máximo registrado en los tres tiempos aplicados.
6. Con los resultados obtenidos en nuestro estudio, pudimos concluir que las etapas evolutivas del esmalte dan respuestas diferentes a la técnica del grabado ácido.
7. Que la etapa más sensible es la adulta donde los efectos del ácido muestran en los diferentes tiempos de grabado su gran efecto erosivo sobre esta superficie.
8. Que los elementos de barreras primarias en el esmalte joven funcionan como elementos de interferencia frente a la acción del ácido. (Membrana de Nasmith, mayor volumen de esmalte con capa superficial aprismática)

10.- SUGERENCIAS

10.- SUGERENCIAS

Después de evaluar y analizar los resultados del presente estudio de investigación sugerimos:

- a) Un segundo estudio pues dado que las respuestas del esmalte en sus periodos evolutivos son diferentes nos diga cuál es el tiempo de grabado correcto adecuado para cada etapa evolutiva.
- b) Que dicho estudio se amplié para determinar de manera precisa con que tiempo se debe grabar en cada etapa del proceso evolutivo del esmalte para obtener un grabado tipo I o II y de una vez evitar los errores de adhesión al esmalte que se han cometido hasta ahora.

11.- BIBLIOGRAFÍA

11.- Bibliografía

1. - Garrofé A, Martucci D, Picca M. "Adhesión a tejidos dentarios." Rev. Fac. de Odon. UBA· Año 2014 · Vol. 29 · N° 67: pages.5-13.
2. - Carlos Carrillo Sánchez. "Michael G. Buonocore, father of modern adhesive dentistry, 63 years of the development of the Enamel Etching Technique." Revista ADM 2018; 75 (3): pages. 135-142.
3. - Gomes Moreira M.A. "Sistemas adhesivos auto grabadores en esmalte: ventajas e inconvenientes." Odontoestomatol 2004; 20-4: pages. 193-198.
- 4.- Salvatore Sauro, Arlinda Luzi Luzi. "Mineralización biomimética y biocompatibilidad de un sistema de curado por luz con microrrelleno bioactivo embebido con ácido 4-oxoheptanodioico." Gaceta dental: Industria y profesiones, 2014, N°. 258: pages. 88-101.
5. - Guevara C.I., G. Romero, M. Calle & E. Delgado: "Desarrollo de una biocerámica biomimética para uso específico en odontología." Rev. Acad. Colomb. Cienc. , 2006, 30 (117): pages. 595-604.
6. - Manuja N / Nagpal R / Pandit IK. "Dental Adhesion: Mechanism, Techniques and Durability." The Journal of Clinical Pediatric Dentistry. 2012 Volume 36, Number 36(3): pages. 223-34.
7. - Kanca, John III, "A method for bonding to tooth structure using phosphoric acid as A dentin-enamel conditioner." Quintessence International. 1991; 22: pages. 285-290.
8. - Nisha Garg, Amit Garg. "Textbook of Operative Dentistry," 3rd Edition. "Bonding to Enamel and Dentin." Chapter 16. Publicado por Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd. 2013.
9. - Anusavice, K.J. "Informatics Systems to Assess and Apply Clinical Research on Dental Restorative Materials". Adv. Dent. Res. 2003. 17: pages. 43-8.
- 10.- Craig R., O'Brien W. Powers J., "Materiales Dentales. Propiedades y Manipulación". Sexta edición. Editorial Mosby. Madrid. 1996. Cap.1: pages. 10-26.

11. - Lukas Bracher & Mutlu Özcan. "Adhesion of resin composite to enamel and dentin: a methodological assessment." *Journal of Adhesion Science and Technology*. 2018 Volume 32- 3: Pages. 258-271.
12. - Kinney J., Marshall GW. "The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature". *Rev. Oral. Biol. Med.* 2003. 14(1): pages. 13-29.
13. - Alexandra Vinagre, and João Ramos. "Adhesion in Restorative Dentistry." INTECH Publisher. 2016 chapter 3: pages. 60-97.
14. - Mackenzie, L. Banerjee, and A. "Minimally invasive direct restorations: a practical guide." *British dental journal*, 2017, 223(3): pages.163-171.
15. - Gómez F. Antonio Campos Muñoz. "Histología y Embriología Bucodental." 3ª. Edición Editorial Médica Panamericana España S.A. 2009. Índice, ISBN:978-607-7743-01-9.
16. - Abraham Abramovich. "Histología y embriología dentaria." Ed. Médica Panamericana, Buenos Aires, 1999, pages. 119-144.
17. - Ripa L.W, Gwinnett A.J, Buonocore M.G. "The Prismless Outer Layer of Deciduous and Permanent Enamel Arch." *Oral Biol.* 1966 Vol. 11, pages. 41-48.
18. - Nebu Philip. "State of the Art Enamel Remineralization Systems: The Next Frontier in Caries Management." *Caries Res* 2019; 53: pages. 284–295.
19. - Stenhagen KR, Holme B, Tveit AB, Lussi A, Carvalho TS. "Analytical strategies for clinical studies on dental erosive wear." *BMC Oral Health.* 2019; 19 (1):167.
20. - Akkus Anna, Akkus A sya, Roperto R, Akkus O, Porto T, Teich S, Lang L. "Evaluation of mineral content in healthy per Evaluation of mineral content in healthy permanent human enamel by raman spectroscopy." *J Clin Exp Dent. Journal section: Biomaterials and Bioengineering in Dentistry* (2016), pages. 1- 4.
21. - Naranjo Sierra MC. "Terminology, Classification and Measuring of the Developmental Defects of Enamel. Literature Reviw." *Univ. Odontol.* 2013 Ene-Jun: 32(68): pages. 33-44.

22. - Selene Petrone y Gonzalo Garizoain. Histological Analysis of the Tooth Enamel from an Anthropological Perspective. Thin Cutting Technical for Optical Microscopy. Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano - Series Especiales, Año 2017 Vol. 4 N° 4 pages. 108-116.
23. - Berkovitz BKB, Holland GR, and Moxham BJ: A colour atlas and text Of oral anatomy histology and embryology. Second edition. Wolfe Publishing Ltd. 1992 pages. 112-123.
24. - Jaeggi T, Grüniger A, Lussi A. "Restorative therapy of erosion". Monogr Oral Sci. 2006; 20: pages.200-214.
25. - Dong J, Gu TT, Simmons D, Mac Dougall M. "Enamelin maps to human chromosome 4q21 within the autosomal dominant amelogenesis imperfecta locus." Eur J Oral Sci 2000; 108: pages. 353-8.
26. - Wright JT, Butler WT. "Alteration of enamel proteins in hypomaturation amelogenesis imperfect." J Dent Res 1989; 68: pages. 1328-30.
27. - P. Fleming, BDentSc, C.J. Witkop, Jr. W.H. Kuhlmann. "Staining and hypoplasia of enamel caused by tetracycline": case report P. Flemingby the American Academy of Pediatric Dentistry, 1987 Volume 9 Number 9(3): pages.245-6.
28. - Nathalia Carolina Fernandes Fagundes, Miquéias André Gomes Cardoso, Mayara Sabrina Luz Miranda, Raira de BritoSilva, Francisco BrunoTeixeira, Bárbara Catarina Lima Nogueira, Brenna Magdalena Lima Nogueira, Sara Elisama Silva de Melo, Natacha Malu Miranda da Costa, Rafael Rodríguez Lima "Morphological aspects and physical properties of enamel and dentine of *Sus domesticus*: A tooth model in laboratory research." Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger Volume 202, November 2015, Pages. 71-77.
29. – Alex Hoyos. "Color e Ilusión. Artículo de Revisión de Literatura." Revista CES Odontología, 2001 vol. 14 – No 2, pages. 5362.
30. - Abraham Abramovich. "Histología y embriología dentaria", Ed. Médica Panamericana, Buenos Aires, 1999, pages. 119-144.

31. - E.G. Yukihiro, J.Mittani, S.W.S.McKeever, S.L.Simon. "Optically stimulated luminescence (OSL) of dental enamel for retrospective assessment of radiation exposure." *Radiation Measurements* Volume 42, Issues 6–7, July–August 2007, Pages 1256-1260.
32. - Yujing Yin, Song Yun, Jieshi Fang and Haifeng Chen. "Chemical regeneration of human tooth enamel under near-physiological conditions" *Journal the Royal Society of Chemistry* 2009, pages. 5892–5894.
33. - Avaniya Reddy; Don F. Norris, Stephanie S. Momeni, Belinda Waldo, John D. Ruby, "The pH of beverages in the United States." *JADA. ada.org* - 2016 1, pages. 1-9.
- 34.- Cuellar E, Pustovrh MC. "El papel de la enamolisina (MMP-20) en el desarrollo dentario: revisión sistemática." *Rev. Fac Odontol Univ Antioq* 2016; 27(1): pages. 154-176.
- 35.- Daniel J. Ciego Jr. "Principios de Histología Y Embriología Bucal Con Orientación Clínica." Cuarta Edición. 2014. Cap. 7, page. 98.
- 36.- Gili, María Alejandra. y cols. "Enamel Membrane Filter." *Divulgación Revista Facultad de Odontología. U.N.N.E* diciembre 2012. Vol. V, Nº 1 pages. 19-24.
37. - Akasapu A, Hegde U, and Murthy PS. "Enamel surface morphology: An ultrastructural comparative study of anterior and posterior permanent teeth." *J. Microsc Ultrastruct* 2018; 6: pages.160-4.
38. - Whittaker DK. "Structural variations in the surface zone of human tooth enamel observed by scanning electron microscopy". *Arch Oral Biol.* 1982; 27 (5): pags.383-92.
39. - Anjela Koblischka-Veneva, Michael R. KoblischkaJörg Schmauch, Matthias Hannig July. "Human dental enamel: A natural nanotechnology masterpiece investigated by TEM and t-EBSD." *Nano Research.* 2018, Volume 11, Issue 7, pages. 3911–3921.
40. - J. Reyes-Gasga. "Observación del Esmalte Dental Humano con Microscopio Electrónico." *Revista Tamé* 2013; 1(3): pages. 90-96.

41. - T Watanabe, K Tsubota, T Takamizawa, H Kurokawa, A Rikuta, S Ando, M Miyazaki. "Effect of Prior Acid Etching on Bonding Durability of Single-Step." *Adhesives@Operative Dentistry*, 2008, 33-4, pages. 426-433.
42. - Carvalho TS, Lussi A. "Combined effect of a fluoride-, stannous- and chitosan containing toothpaste and stannous-containing rinse on the prevention of initial enamel erosion-abrasion." *J Dent* 2014 42: pages.450-459.
43. - Backer-Dirks O. "Post-eruptive changes in dental enamel." *J. Dent. Res.* 1966 45: pages. 503-11.
44. - Brown W.E., Gregory T.M. y Chow L.C. "Effects of fluoride on enamel and cariostasis." *Caries Res.* 1977. 11(Suppl. 1): pages.118-41.
45. - Everett ET. "Fluoride's effects on the formation of teeth and bones, and the influence of genetics." Review. *J Dent Res.* 2011 May; 90(5): pag2s.552-60
46. - Kata Rošin-Grget, Kristina Peroš, Ivana Šutej, Krešimir Bašić. "The cariostatic mechanisms of fluoride Review article." *Acta Medica Academica* 2013; 42(2): pages.179-188.
47. - Anatoly A Kunin, Anna Yu Evdokimova, and Natalia S Moiseeva. "Age-related differences of tooth enamel morphochemistry in health and dental caries." *EPMA J.* 2015; 6(1): 3. Published online 2015 Jan 29.
48. - Harvard Health Letter, Harvard Health Publishing. "The Aging Mouth and How to Keep It Younger" Published January 2010 Harvard Medical School.
49. - Julia AGamblea Jesper, L. Boldsenb Robert D. Hoppaa. "Stressing out in medieval Denmark: An investigation of dental enamel defects and age at death in two medieval Danish cemeteries." *International Journal of Paleopathology* Volume 17, June 2017, Pages 52-66.
50. - Saadet Saglam Atsu, Saadet Saglam Atsu, Saadet Saglam Atsu', P. Sema Aka, H. Cenker Kucukesmen, Mehmet A. Kilicarslan, Cemal Atakan. "Age-related changes in tooth enamel measured by electron microscopy: implications for laminated porcelain veneer." *October de 2005* Volume 94, número 4, pages. 336–343.

51. - Ketterl W. "Age-induced changes in the teeth and their attachment apparatus." 341 Int Dent J. 1983 Sep; 33(3): pages. 262-71.
52. - R.L. Springer- "The Nature of Surface Enamel in Human Teeth Physiology" Department, Review Calc. Tiss. Res. 1971, 8, pages. 1-16.
53. - A. John Gwinnett. "Normal Enamel. II. Qualitative Polarized Light Study" J. Dent Res. 1966 45: page. 261.
54. - Kidd E.A.M. Richards A. Thylstrup A. Fejerskov O. "The Susceptibility of 'Young' and 'Old' Human Enamel to Artificial Caries in vitro." Caries Res 1984; 18: pags.226–230.
55. - Wang WN, Lu TC. "Bond strength with various etching times on young permanent teeth." Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1991 Jul; 100(1):72-9.
56. - Kata Rošin-Grget, Kristina Peroš, Ivana Šutej, Krešimir Bašić. "The cariostatic mechanisms of fluoride." Review article Acta Medica Academic 2013; 42(2): pages.179-188.
57. – P. R, Wilson, A. D. Beymon. "Mineralization differences between human deciduous and permanent enamel measured by quantitative microradiography." Archives of Oral Biology. 1989, Volume 34, Pages. 85-88.
58. - García-Godoy F, Hicks MJ. "Maintaining the integrity of the enamel surface: the role of dental biofilm, saliva and preventive agents in enamel demineralization and remineralization." - J Am Dent Assoc. 2008 May; 139 pages.25-34.
59. - P. Gatón Hernández, E. Ruiz De Castañeda Regojo. "Valoración in vitro de un sistema adhesivo de grabado total (Excite®) y un autograbante (Clearfil™ SE Bond) en esmalte y dentina de dientes temporales." Odontol Pediátr (Madrid) Vol. 11. N.º 2, pages. 43-48.
60. - Valencia R. Espinosa R, Ceja. "Primary and Permanent Enamel Deproteinization; new perspective on adhesion." Aporib, Volumen IV. Número 2. Mayo - Agosto 2015 pages. 2-4.
61. - Wang LJ, Tang R, Bonstein T, Bush P, Nancollas GH. "Enamel Demineralization in Primary and Permanent Teeth." J Dent Res 2006; 85(4): pages. 359-63.

62. - Mie Kuxoiwa. "Acid Resistance of Surface Prismless' Enamel in Human Deciduous and Permanent Teeth." *Showa Univ. J. Med. Sci.* June 1990 2(1), pages. 31- 44.
63. - Diane M Daubert, Joanna L Kelley, Yuriy G Udod, Carolina Habor, Chris G Kleist, Ilona K Furman, Igor N Tikonov, Willie J Swanson, and Frank A Roberts. "Human enamel thickness and ENAM polymorphism." *Int J Oral Sci.* 2016 Jun; 8(2): pages. 93–97.
64. - Yiannis P. Brokos, Minos Stavridakis, Tisiana Bortolotto, Ivo Krejci. "Evaluation of Enamel Thickness of Upper Anterior Teeth in Different Age Groups by Dental Cone Beam Computed Tomography Scan in Vivo." *International Journal of Advances In Case Reports*, 2015; two (23): pages.1396-1409.
65. - Ker-Kong Chen, Chau-Hsiang Wang, Chun-Chan Ting & Je-Kang Du. "Bonding performance of a temporary tooth coating material to enamel." *Journal of Adhesion Science and Technology*, May 2016 30:20, pages. 2277-2288.
66. - Quesada, C.J.A., Oliver, P.R., Torres, C.J.E., Hemández, E. T. "Grabado del esmalte en dientes temporales." *Revista Orol Año 15. Núm. 48.* 2014. Pages. 1138-1141.
67. - Fava, M. et al. "Prismless enamel in human non-erupted deciduous molar teeth: a scanning electron microscopic study." *Rev Odontol Univ São Paulo*, 1997. v. 11, n. 4, pages. 239-243.
68. - W.v. Koenigswald & P.M. Sander. "Tooth Enamel Microstructurel." *Balkema, Rotterdam, Journal of Vertebrate Paleontology*, March 2000 20(1), pages. 267-297.
69. - MF Burrow, JF Burrow, OF Makinson. "Pits and fissures: etch resistance in prismless enamel walls." *Australian Dental Journal* 2001; 46 :(4): pages. 258-262.
70. - Justus R. "Deproteinization of tooth enamel surfaces to prevent white spot lesions and bracket bond failure: A revolution in orthodontic bonding." *APOS Trends Orthod* 2016; 6: pages. 179-84.
71. - Buonocore M.G. "A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces". *J Dent Res.* 1955; 34: pages. 849-53.

72. - Silverstone LM, Saxton CA, Dogon IL, Fejerskov O. "Enamel examined by scanning electron microscopy." *Caries Res.* 1975; 9: pages. 373–387.
73. - Gwinnett AJ. "Histologic changes in human enamel following treatment with acidic adhesive conditioning agents." *Arch Oral Biol.* 1971; 16: pages. 731–788.
74. - Galil K.A. y G.Z. Wright. "Acid etching patterns on buccal surfaces of permanent teeth." *Pediatr Dent.* 1979; 1(4), pages. 230-34.
75. - Zhu JJ, Bertacci A, Lucchese A, Taddei P, Gherlone EF, Chersoni S. "Enamel structural changes induced by hydrochloric and phosphoric acid treatment." *J. Appl Biomater Funct Mater* 2014; 12: pages. 240-7.
76. - McCabe, J. L.; Walls, A.W.G. "Applied dental materials." Ninth Edition. Oxford Blackwell Publishing Ltd. 2008.
77. - B Van Meerbeek, J De Munck, Y Yoshida S Inoue, M Vargas, P Vijay K Van Landuyt, P Lambrechts, G Vanherle. "Adhesion to Enamel and Dentin: Status and Future Challenges." *Buonocore Memorial Lecture. Operative Dentistry*, 2003, 28-3, pages. 215-235.
78. - Jorge Perdigão, Edward J. Swift, Jr. and Ricardo Walter. "Fundamental Concepts of Enamel and Dentin Adhesion." *J. Pocket Dentistry Fastest Clinical Dentistry Insight Engine.* Chapter 4.
79. - Craig R, O' Brien W, Powers J. "Materiales dentales, propiedades y manipulación." 6ta ed. Madrid: Mosby; 1996. Pages. 1-75.
80. - Philips, Kenneth J. Anusavice. "Ciencia de los Materiales dentales." Madrid España: Elsevier Saunders; 2008:11: pag. 202.
82. - Toledano Perez, M.; Osorio Ruiz, R.; Sánchez Aguilera, F.; Osorio Ruiz, "E. Arte y ciencia de los materiales odontológicos." Madrid. Avances médico-dentales. 2003.
83. - Bart Van Meerbeek. "Mechanisms of Resin Adhesion-Dentin and Enamel Bonding." *Special Issues International Journal of Dentistry* February 2008 Volume 2, Issue 1

84. - J. J. Sarvesh Kumar. "Bond Failure and Its Prevention in Composite Restoration." A Review et al /J. Pharm. Sci. & Res. 2016, Vol. 8(7), pages. 627-631.
85. - Lukas Bracher & Mutlu Özcan. "Adhesion of resin composite to enamel and dentin: a methodological assessment." Journal of Adhesion Science and Technology, 2018 32:3, pages. 258-271.
86. - Hewlett E.R. "Resin adhesion to enamel and dentin." a review Journal of the California Dental Association, Jun 2003, 31(6): pages. 469-476.
87. - Wen Zhou, Shiyu Liu, Xuedong Zhou, Matthias Hannig, Stefan Rupf, Jin Feng, Xian Peng and Lei Cheng. Review. "Modifying Adhesive Materials to Improve the Longevity of Resinous Restorations." Int. J. Mol. Sci. 2019, V.20, 723.
88. - Gerard Kugel, Marco Ferrari. "The Science of Bonding: From First to Sixth Generation." JADA, June 2000 Vol. 131, pages. 20-25.
89. - Eshrak Sofan, Afrah Sofan, Gaspare Palaia, Gianluca Tenore, Umberto Romeo, and Guido Migliau. "Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type." Ann Stomatol (Roma). 2017 Jan-Mar; 8(1): pages. 1-17.
90. - Yashpal S, Monika S. "Evaluation of the Effect of Tooth Surface Wetting and Bond Strength of Composite-an in vitro Study." J Interdiscipl Med Dent Sci. 2014 V2: 111.
91. - O'Brien, W. J. "Dental materials and their selection." Fourth Edition. Chicago. Quintessence Publishing Co. 2008.
92. - Aguilera FS, Osorio R, Osorio E, Moura P, Toledano M. "Wetting ability of an acetone/based etch rinse adhesive after NaOCl-treatment." Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2012 Jul 1; 17 (4): pages. 644-8.
93. - Muhammet Kerim Ayar. "A review of ethanol wet-bonding: Principles and techniques." Eur J Dent. 2016 Jan-Mar; 10(1): pages. 155-159.

94. - AY Furuse, LF Cunha, R Moresca, G Paganeli, RFL Mondelli, J Mondelli. "Enamel Wetness Effects on Bond Strength Using Different Adhesive Systems." *Operative Dentistry*, 2011, 36-3, pages. 274-280.
95. - A. Münchow & Marco C. Bottino. "Recent Advances in Adhesive Bonding: The Role of Biomolecules, Nanocompounds, and Bonding Strategies in Enhancing Resin Bonding to Dental Substrates." *Curr Oral Health Rep.* 2017 Sep; 4(3): pages. 215-227.
96. - LC Britta, M Martins, FMG França. "Influence of Different Primer Application Times on Bond Strength of Self-etching Adhesive Systems to Unground Enamel." *Operative Dentistry*, 2009, 34-1, pages. 43-50.
97. - Soyoung Kwon, Bongsu Kim, Sangmin an, Wanhee Lee, Ho-Young Kwak & Wonho Jhe. "Adhesive force measurement of steady-state water nano-meniscus: Effective surface tension at nanoscale". *Scientific ReportS* | (2018) 8:8462 Published online
98. - Good R.J., Chaudhury M.K. "Theory of Adhesive Forces across Interfaces." *Fundamentals of Adhesion*. Springer, Boston, MA *Fundamentals of Adhesion*. 1991 pages. 137-151.
99. - Daniel Pieniak, Agata M. Niewczas. "Phenomenological evaluation of fatigue cracking of dental restorations under conditions of cyclic mechanical loads." *Acta of Bioengineering and Biomechanics* Vol. 14, No. 2, 2012.
100. - S Krifka, T Anthofer, M Fritzsch K-A Hiller, G Schmalz, M Federlin. *Ceramic Inlays and Partial Ceramic Crowns: Influence of Remaining Cusp Wall Thickness on the Marginal Integrity and Enamel Crack Formation in Vitro.* *Operative Dentistry*, 2009, 34-1, pages. 32-42.
101. - Elizabeta Gjorgievska; John W. Nicholson, Snezana Iljovska, Ian J. Slipper. "Marginal adaptation and performance of bioactive dental restorative materials in deciduous and young permanent teeth." *J. Appl. Oral Sci.* 2008 vol.16 no. (1) pages.1-6.
102. - Tang AT, Matinlinna JP, and Hägg U. "Acid etching of human enamel in clinical applications: a systematic review." *J Prosthet Dent* 2014; 112: pages. 122-135.

103. - K Khosravi, E Ataei M Mousavi, N Khodaeian. "Effect of Phosphoric Acid Etching of Enamel Margins on the Microleakage of a Simplified All-in-One and a Self-etch Adhesive System." *Operative Dentistry*, 2009, 34-5, pages. 531-536.
104. - Craig, R.G.; Powers, J.M.; Wataha. J.C." *Dental Materials. Properties and manipulation.*" Seventh Edition. St. Louis. Mosby. 2000.
105. - Carstensen W. "The effects of different phosphoric acid concentrations on Surface enamel." *The Angle Orthodontist* 1992; 62: pages. 51-57.
106. - E.W. Gottlieb, D.H. Retief, H.C. Jamison. "An optimal concentration of phosphoric acid as an etching agent." Part I: Tensile bond strength studies. *J.P.D.* July 1982Volume 48, Issue 1, Pages. 48–51.
107. - Natalia Gateva, Angela Gusyiska, Pavel Stanimirov, Rossitza Kabaktchieva, Ivan Raichev. "Effect Of Etching Time And Acid Concentration On Micromorphological Changes In Dentin Of Both Dentitions." *Journal of IMAB - Annual Proceeding (Scientific Papers)* 2016, vol. 22, 2. pages. 1099-1110.
108. - Hicks J, Wu J, Flaitz CM. "Effect of Xylitol and Fluoride Dentifrices on Human Enamel Surfaces Following Acid-Etching: Scanning Electron Microscopic Study". *Pediatr Dent Care* 2016: 127, pages. 1-6.
109. - Kitayama, S...et al. "Effect of primer treatment on bonding of resin cements to zirconia ceramic." *Dent. Mater.* 2010. 26: pages. 426-432.
110. - S. Guzman Pina, O. Cortés Lillo, M.A. Alcaina Lorente. "Microfiltración marginal de distintos adhesivos en cavidades de clase II. Efecto de la aplicación de una resina hidrofóbica." *Odontol Pediatr (Madrid)* 2015Vol. 23, N. ° 3, pages. 179-186.
111. - Wen-Yu Shih. "Microleakage in different primary tooth restorations." *Journal of the Chinese Medical Association* 2016, 79: pages. 228-234.
112. - Carlos Carrillo Sánchez. "Michael G. Buonocore, Father of modern adhesive dentistry, 63 years of the development of the Enamel Etching Technique." *Review. Revista ADM* 2018; 75 (3): pages. 135-142.

113. - Rama Krishna Ravi, Rama Krishna Alla, Mohammed Shammam, Achut Devarhubli. "Dental Composites - A Versatile Restorative Material: An Overview." Indian Journal of Dental Sciences. December 2013, Issue 5, Vol. five pages. 111-115.
114. - Liang Chen, Changqi Xu, Yong Wang, Jian Shi, Qingsong Yu, and Hao Li. "BisGMA/TEGDMA dental nanocomposites containing glyoxylic acid-modified high-aspect ratio hydroxyapatite nanofibers with enhanced dispersion." IOP Publishing Ltd Biomedical Materials, 2012 Volume 7, Number 4.
115. - Khadry Galil, Gerald Z. Wright. "Acid Etching Patterns on Buccal Surfaces of Permanent Teeth." A. Pediatric Dentist 1979 by the American Academy of Pedodontics. Vol. 1, No. 4 pages.230-234.
116. - Alexis Ioannidis, Spyridon N. Papageorgiou, Iosif Sifakakis, Spiros Zinelis, George Eliades and Theodore Eliades. "Orthodontic bonding and debonding induces structural changes but does not alter the mechanical properties of enamel." Ioannidis et al. Progress in Orthodontics (2018) 19:12, pages. 1-7.
117. - Van Hassel HJ, Davis JM, Olsen DP, Godfrey GW. "Effect of the time of application and concentration of etching acid on the retention of composite restorations." IADR. 1971:29.
118. - Eidelman E. "The Structure of the Enamel in Primary Teeth: Practical Applications in Restorative Techniques." ASDC J Dent Child 1976 May-June, pages. 172-176.
119. - Takeya M. "Effect of acid etching on the human tooth enamel: improvement of its clinical application." Dent Mater J. 1984 Dec; 3(2): pages. 220-45.
120. - Textbook of Operative Dentistry. "Bonding to Enamel and Dentin Bonding to Enamel and Dentin." Chapter 16, pags.238-254.
121. - Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. "The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates.2 J Biomed Mater Res 1982; 16: pages. 256-273.
122. - Perdigao J, Frankerberger R, Rosa BT. Breschil. "New trend in dentin/enamel adhesión." Am J Dent 2000; 13 (Special No): pages. 25-30.

123. - Steinar Risnes, Chunfang Lion. "The method of revealing enamel structure by acid etching. Aspects of optimization and interpretation." *Microsc Res Tech.* 2019; 82: pages. 1668–1680.
124. - Su-Mi Choi, Young-Chul Choi, Jae-Hong Park, Sung-Chul Choi." The Effect of Etching Time on the Pattern of Acid Etching on the Enamel of Primary Teeth." *J Korean Acad Pediatr Dent.* 2008; 35(3): pages. 437-445.
125. - Lopes GC, Thys DG, Klaus P, Oliveira GM, Widmer N. "Enamel acid etching: a review." *Compend Contin Educ Dent.* 2007 Jan; 28(1): pages. 18-24.
126. - Carpena G, Greenhalgh D, Klauss P, Mussi G, Widmer N. "Enamel acid etching a review." *Compendium of Continuing Education in Dentistry.* 2007; 28(1): pages. 662-668.
127. - Kodaka T, Mori R, Miyakawa M. "Sequential observations followed by acid etching on the enamel surfaces of human teeth under scanning electron microscopy at low vacuum." *Microsc Res Tech.* 1993 Apr 1; 24 (5): pages. 429-36.
128. - Y. Shimada & J. Tagami. "Effects of regional enamel and prism orientation on resin bonding ", *Operative Dentistry*, 2003, 28: pages. 20-27.
129. - Paradella TC, Fava M. "Bond strength of adhesive systems to human tooth enamel." *Braz Oral Res.* 2007 Jan-Mar; 21(1): pags. 4-9.
130. - Ahmed Talal, Hafiz Muhammad, Owais Nasim, Abdul SamadKhan. "Enamel etching and dental adhesives." *Advanced Dental Biomaterials* 2019, Pages. 229-253.
131. - N Ayad, K Abdelaziz. "Interface Characterization and Nanoleakage of One-step Self-etch Adhesive Systems." *The Internet Journal of Dental Science* Volume 5 Number 1, pages. 1-7.
132. - Rusandra Sava Rosianu, Cosmin Sinescu, Meda Lavinia Negrutiu, Tiberiu Hosszu, Anca Tudor, Angela Codruta Podariu. "Microscopic Assessment of the Enamel Etching Pattern According to Different Etching Times Using Orthophosphoric Acid Gels." *Materiale Plastice.* 2016 53, No.1, pages. 153-156.

133. Tay FR, Pashley DH. "Etched enamel structure and topography: interface with materials." En: Eliades G, Watts DC, Eliades T. Dental hard tissues and bonding. 1era ed. Heidelberg: Springer; 2005. Pages. 3-27.
134. - Abdelmegid FY. "Effect of deproteinization before and after acid etching on the surface roughness of immature permanent enamel". Niger J Clin Pract 2018; 21: pages.591-6.
135. - Medical Dictionary for the Dental Professions © Farlex 2012.
136. - Guilherme Carpena lopes, Luiz Narciso Baratieri and col., "Dental adhesion: present state of the art a future perspectives", Quintessence international, Vol. 33, Nº3, 2002, pages. 213-24.
137. - Lussi A, Ganss C. "The Histological Features and Physical Properties of Eroded Dental Hard Tissues." Erosive Tooth Wear. Monogr Oral Sci. Basel, Karger, 2014, vol 25, pages. 99-107.
138. - Mario Fernando de Goes, Mário Alexandre Coelho Sinhreti, Simonides Consani, Marcelo A.P. da Silva. "Morphological Effect of the Type, Concentration and Etching Time of Acid Solutions on Enamel and Dentin Surfaces." Braz Dent J (1998) 9(1): pages. 3-10.
139. - Steinar Risnes Chunfang Li. "On the method of revealing enamel structure by acid etching. Aspects of optimization and interpretation". Microscopy Research & Technique. 2019; 82: pages. 1668–1680.
140. - Charles F. Vallotton. "An Acquired Pigmented Pellicle of the Enamel Surface." Review of Literature. J. DENT RES 1945 24: pages. 161-169.
141. - P D Marsh, D J Bradshaw. "Dental plaque as a biofilm" Journal of Industrial Microbiology." September 1995, Volume 15, Issue 3, pages. 169–175.
142. - Yao C, Ahmed MH, Yoshihara K, Mercelis B, Parise Gré C, Van Landuyt KL, Huang C, Van Meerbeek B. "Bonding to enamel using alternative Enamel Conditioner/etchants". Dent Mater. 2019 Oct; 35(10): pages. 1415-1429.

143. - E Karaman AR Yazici M Baseren J Gorucu. "Comparison of Acid versus Laser Etching on the Clinical Performance of a Fissure Sealant: 24- Month Results." *Operative Dentistry*, 2013, 38-2, pages. 151-158.
144. - Yasemin Benderli, Kağan Gökçe, Mağrur Kazak, Tankut Gürsoy. "SEM Comparison of Acid-Etching, ER, CR: YSGG Laser and Combined Treatment on Dentin Surface." *Balk J Stom*, 2013; 17: pages. 79-86.
145. - Alireza Boruziniat, Yegane Khazaei, Shiva Motaghi, Mohmmadjavad Moghaddas. "Evaluation of bond strength of orthodontic brackets without enamel etching." *J Clin Exp Dent*. 2015; 7(4): pages. 519-23.
146. - Nuked Berk, Güvenç Başaran, Törün Özer. "Comparison of sandblasting, laser irradiation, and conventional acid etching for orthodontic bonding of molar tubes." *European Journal of Orthodontics*, Volume 30, Issue 2, April 2008, Pages 183–189.
147. - Ozgul Baygin, Fatih Mehmet Korkmaz, Tamer Tuzuner and Mehmet Tanriver. "The Effect of Different Techniques of Enamel Etching on the Shear Bond Strengths of Fissure Sealants." *Baygin et al., Dentistry 2011*, 1:3 pages. 1-5.
148. - Narendra Parihar, Manish Pilania. "SEM Evaluation of Effect of 37% Phosphoric Acid Gel, 24% Edta Gel and 10% Maleic Acid Gel on the Enamel and Dentin for 15 and 60 Secondn: An In-Vitro Study." *International Dental Journal of Students Research June-Sep 2012*, Volume 1, Issue 2. Pages. 1-7.
149. - Adrian Lussib. "Understanding the Chemistry of Dental Erosion." *J.D.B. Featherstonea Monogr Oral Sci. Basel, Karger, 2006*, vol 20, pages. 66–76.
150. - Bogra Pa, Kaswan Sb." Etching with EDTA- An in vitro study." *J Indian Soc Pedo Prev Dent June (2003) 21 (2)* pages. 79-83.
151. Laura Emma Rodríguez-Vilchis, Rosalía Contreras-Bulnes, Oscar Fernando Olea-Mejía, Ignacio Sánchez-Flores, and Claudia Centeno-Pedraza. "Morphological and Structural Changes on Human Dental Enamel After Er: YAG Laser Irradiation: AFM, SEM, and EDS Evaluation." *Photomedicine and Laser Surgery Volume 29, Number 7, 2011* Pages. 493–500.

152. - V. Susila Anand, C. Kavitha, and C. V. Subbarao. "Effect of Cavity Design on the Strength of Direct Posterior Composite Restorations: An Empirical and FEM Analysis." Research Article International Journal of Dentistry Volume 2011, Article ID 214751, 6 pages.
153. - D.H. Retief M.E. Woods B.S.H.C. Jamison. F.R. Denys. "Surface topography of the enamel margins of butt and beveled Class V preparations." The Journal of Prosthetic Dentistry Volume 48, Issue 2, August 1982, Pages. 166-170.
154. - Faria-e-Silva, Silva JL, Almeida, Veloso FB, Ribeiro SM, Andrade TD, Vilas-Boas BV, Martins MC, Menezes MS. "Effect of acid etching time and technique on bond strength of an etch-and-rinse adhesive." Acta Odontol Latinoam. 2011;24(1): pages. 75-80.
155. - Mírela Sanae Shinohara, Marcelo Tavares de Oliveira, Vinícius Di Hipólito, Marcelo Giannini, Mario Fernando de Goes. "SEM Analysis of the acid-etched enamel patterns promoted by acidic monomers and phosphoric acids." J Appl Oral Sci. 2006; 14(6): pages. 427-35.
156. - L.R. Legler, D.H. Retief, E.L. Bradley. "Effects of phosphoric acid concentration and etch duration on enamel depth of etch: An in vitro study." A, J. Of Orthodontics & Dentofacial Orthopedics. August 1990 Volume 98, Issue 2, Pages. 154–160.
157. - Al-Suleiman M, Baba F, Sawan MN, Suliman A. "Mechanical Evaluation of the Effect of Reducing Phosphoric Acid Concentrations and Etching Duration on the Bond Strength of Orthodontic Brackets." J Dent Oral Disord Ther. (2014) 2(2): pages. 1-5.
158. - D. H. Retief, J. C. Middleton, and H. C. Jamison "Optimal concentration of phosphoric acid as an etching agent." Part III: Enamel wettability studies January 1985 Volume 53, Issue 1, Pages. 42–46.
159. - E Dental Products Issue Date: 12/20/2015 Version 1 Safety Data Sheet e1, 37% Phosphoric Acid Etching Gel.
160. - Vicente, Luis A. Bravo and Martín Romero. "Self-etching primer and a non-rinse conditioner versus phosphoric acid: alternative methods for bonding brackets." European Journal of Orthodontics 2006 28: pages. 173–178.

161. - S. Hobson and J. F. McCabe. "Relationship between enamel etch characteristics and resin-enamel bond strength." R. BRITISH DENTAL JOURNAL 2002 V. 192 NO. 8 pages. 463-468.
162. - R. G. Oliver. "The Effects of Differing Etch Times on the Etch Pattern on Enamel of Unerupted and Erupted Human Teeth Examined using the Scanning Electron Microscope." British Journal of Orthodontics, 1987, 14:2, pages. 105-107.
163. - Ross Hobson, J Mark Thomason, Nick Jepson. "A quantitative study of enamel acid etch patterns on surfaces used for retention of resin-bonded fixed prostheses." European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry. Year: 2005. Volume: 13 Issue: three Pages. 123-128.
164. - Ana Paula Morales Cobra Carvalho, Miriam Lacalle Turbino. "Can previous acid etching increase the bond strength of a self-etching primer adhesive to enamel?" Braz Oral Res 2009; 23(2): pages. 169-74.
165. - Edward M. Arana. "Clinical observations of enamel after acid-etch procedure. American Dental Association." Published by Elsevier Inc. November 1974 Volume 89, Issue 5, Pages. 1102-1106.
166. - Brij Kumar, Nilotpol Kashyap, Alok Avinash, Ramakrishna Chevuri, Mylavarapu Krishna Sagar, Kumar Shrikant. "The composition, function and role of saliva in maintaining oral health: A review" International Journal of Contemporary Dental and Medical Reviews (2017), Article ID 011217, Pages. 1-6.
167. - Anatoly A, Evdokimova S, Moiseeva S. "Age-related differences of tooth enamel morphochemistré in health and dental caries." EPMA J. 2015; 6(1): 3.
168. - Shay. Lloyd. Panhans. Bates. "Absence of an age effect on enamel solubility in phosphoric acid." The Journal of Prosthetic Dentistry Volume 60, Issue 5, November 1988, Pages. 531-540.
169. - J.R. Boj, A.M. Martín, E. Espasa, O. Cortés. "Bond strength and micro morphology of a self-etching primer versus a standard adhesive system with varying etching times in primary teeth" European J. of Pediatric Dentistry 2004 4/ pages. 233-238.

170. - Michiko Kamiura. Surface Remineralization Following the Acid Etching of Human Enamel. The Japanese Journal of Pediat ...Volume 23 (1985) Issue 3 pages. 600-624.
171. - Birgit Jojansson. "Remineralization of Slightly Etched Enamel." Research Article J. dent. Res. January-February 44: 64, pages. 63-70.
172. - D.C. Smith, R. Mailer. "Crystal growth on the outer enamel surface—an alternative to acid etching." American Journal of Orthodontics Volume 89, Issue 3, March 1986, Pages. 183-193.
173. - Torres I, Zavala V, Patiño N, Mari N, Martinez G, Anusavice K, PLOYOLA J. "Enamel roughness and depth profile after phosphoric acid etching of healthy and fluorotic enamel." Australian Dental Journal 2012; 57: pages. 151–156.
174. - García Garduño, M, Reyes – Gasga J. "La Hidroxiapatita su importancia en tejidos mineralizados y su aplicación biomédica." Tip Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, vol. 9, núm. 2, diciembre, 2006, pages. 90-95.
175. - Edward M. Arana. "Clinical observations of enamel after acid-etch procedure" The Journal of the American Dental Association Volume 89, Issue 5, November 1974, Pages. 1102-1106.
176. - Al-Suleiman M, Baba F, Sawan MN, Suliman A. "Mechanical Evaluation of the Effect of Reducing Phosphoric Acid Concentrations and Etching Duration on the Bond Strength of Orthodontic Brackets." J Dent Oral Disord Ther. 2014, 2(2): pages. 1-5.
177. - Flores – Yañez C, Martínez-Juarez J, Palma-Guzmán M, Yañez-Santos J. "Analysis of dental etching using metallographic microscope and analysis software. Inf. Tecnol. 2009, 20: pages. 13, 18.
178. - Sarah F. F. Guedes, Mary Anne S. Melo, Juliana PM. Lima, Caroline Ely, Antero Evandro Piva, and Lidiany K. A. Rodrigues, "Acid Etching Concentration as a Strategy to Improve the Adhesive Performance on Er: YAG Laser and Bur-Prepared Demineralized Enamel." Photomedicine and Laser Surgery Volume, 2014, 32, Number 7 32(7): pages. 379-385.

179. - Amit Zope, Yogita Zope-Khalekar, Shrikant S. Chitko, Veerendra V. Kerudi, Harshal Ashok Patil, Prasad Vasudeo Bonde, Pratik Jaltare, and Siddhesh G Dolas. "Comparison of Self-Etch Primers with Conventional Acid Etching System on Orthodontic Brackets." *J Clin Diagn Res.* 2016 Dec; 10(12) pages. 19-22.
180. - Llamosas Hernández Eduardo F, Sentías Castellá Rossana, Díaz Trejo Xóchitl. "Efecto de la desproteínización del esmalte sobre la fuerza de adhesión en ortodoncia." *Odont Act* 2016; 13(154): pages. 14-18.
181. - M. Brännström, O. Malmgren, K-J. Nordenvall. "Etching of young permanent teeth with an acid gel." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* November 1982 Volume 82, Issue 5, Pages. 379–383.
182. - Barbara Vincenzi, Mariana Macedo Ribas, Vera Lucia Schmitt, Fabiana Scarparo Naufel, Kevelin Poliana Palma Rigo Thiesen, Maria Daniela Basso de Souza. "Effect of acid etching and aging on bond strength of a universal adhesive on dental enamel." *J Dent Health Oral Disord Ther.* 2019;10(5): pages. 299–303.
183. - María Elena Monterde Coronel, José M. Delgado Ruíz, Isidro Martín Martínez Rico, Cándido E. Guzmán Félix, Maura Espejel Mejía. "Remineralización y desmineralización del esmalte." *Revista A. D. M.* Vol. LIX, No. 6 noviembre-diciembre 2002 pages. 220-222.
184. - Corrêa, M.S, Corrêa F. N. Côrrea J. P, Murakami C. "Prevalence and associated factors of dental erosion in children and adolescents in a private dental clinic." *International Journal of Pediatric Dentistry*, 2011 21 (6): pages. 451-8.
185. - Hicks J, Wu J, and Flaitz CM. "Effect of Xylitol and Fluoride Dentifrices on Human Enamel Surfaces Following Acid-Etching: Scanning Electron Microscopic Study." *Pediatr Dent Care* 2016 1: 127 pages. 1-6.
186. - Masashi Miyazaki, Akimasa Tsujimoto, Keishi Tsubota, Toshiki Takamizawa, Hiroyasu Kurokawa, and Jeffrey A. Platt. "Important compositional characteristics in the clinical use of adhesive systems." *Journal of Oral Science*, 2014 Vol. 56, No. 1, pages. 1-9.

187. - A Tsujimoto WW Barkmeier T Takamizawa MA Latta M Miyazaki. "The Effect of Phosphoric Acid Pre-etching Times on Bonding Performance and Surface Free Energy with Single-step Self-etch Adhesives." *Operative Dentistry*, 2016, 41-4, pages. 441-449.
188. - Perdigão, Jorge; Gomes, George; Lopes, Maria Manuel. "Influence of conditioning time on enamel adhesion." *Quintessence International*. Jan2006, Vol. 37 Issue 1, pages. 35-41.
189. - Robert L. Erickson Wayne W. Barkmeier Mark A. Latta. "The role of etching in bonding to enamel a comparison of self-etching and etch-and-rinse adhesive systems." *Dental Materials* Volume 25, Issue 11, November 2009, Pages. 1459-1467
190. - Wang Y, Spencer P. "Effect of acid etching time and technique on interfacial characteristics of the adhesive-dentin bond using differential staining." *Eur J Oral Sci*. 2004 Jun; 112(3): pages. 293-9.
191. - Li N, Nikaido T, Alireza S, Takagaki T, Chen JH, Tagami J. "Phosphoric acid-etching promotes bond strength and formation of acid-base resistant zone on enamel." *Oper Dent*. 2013 Jan-Feb; 38(1): pages. 82-90
192. - Andamuthu Sivakumar, Vinod Thangaswamy, and Vaiyapuri Ravi. "Treatment planning in conservative dentistry." *J Pharm Bioallied Sci*. 2012 Aug; four (Suppl 2): pages.406–409.
193. - Gilvanelly Cardoso Alves, and Ana Paula Veras Sobral. "Evaluation of Biocompatibility of an Etch-and-Rinse Adhesive System Based in Tertiary Butanol Applied in Deep Cavity." *The Open Dentistry Journal*, 2015, 9, pages.168-173.
194. - Barkmeier WW, Erickson RL, Kimmes NS, Latta MA, Wilwerding TM. "Effect of enamel etching time on roughness and bond strength". *Oper Dent*. 2009 Mar-Apr; 34(2): pages. 217-22.
195. - Zaher AR, Abdalla EM, Abdel Motie MA, Rehman NA, Kassem H, Athanasiou AE. "Enamel colour changes after debonding using various bonding systems." *PubMed Journal of orthodontics*, 2012, 39(2), pages. 82-88.
196. - Fatma Deniz Uzuner, Emine Kaygısız and Nilüfer Darendeliler. "Defining Dental Age for Chronological Age Determination." *Intech Open*. 2019, chapter 6.

197. - Raj JD, Ramesh S. "Age determination between different age groups using enamel-engraving patterns: scanning electron microscopy analysis." *Int J Forensi odontol* 2016; 1: pages. 21-24.
198. - Ganss C. "Definition of erosion and links to tooth wear". *Monogr Oral Sci* 2006; 20: pages. 9-16.
199. - Lussi A, Megert B, Shellis RP, Wang X. "Analysis of the erosive effect of different dietary substances and medications." *Br J Nutr* 2012; 107(2): pages. 252-62.
- 200.- Barac R, Gasic J, Trutic N, Sunaric S, Popovic J, Djekic, et al." Erosive Effect of Different Soft Drinks on Enamel Surface in vitro: Application of Stylus Profilometry." *Med Princ Pract* 2015; 24(5): pages. 451-7.
201. - Panpan Li, Chungik Oh, Hongjun Kim, Melodie Chen-Glasser, Gun Park, Albina Jetybayeva, Jiwon Yeom, Hoon Kim, Jeongjae Ryu and Seungbum Hong. "Nanoscale characterization of the impact of beverages on the enamel surface of human teeth." Department of Materials Science and Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Daejeon, 34141, Republic of Korea. Pages. 1-17.
202. - Panda A , Ghosh B , Pal I , Kumar V , Bhuyan L , Dash KC . J. "Dissolution of enamel in exposure to various commercial beverages available in India." *Contemp Dent Pract.* 1, 2017; 18 (11): pages. 1009-1013.
203. - Á.M. Lennona, c M. Pfeffera W. Buchallaa, c K. Beckera, c S. Lennonb T. Attin. "Effect of a Casein/Calcium Phosphate-Containing Tooth Cream and Fluoride on Enamel Erosion." in *vitro Caries Res* 2006; 40: pages. 154–157.
204. - García Garduño, M, Reyes – Gasga J. "La Hidroxiapatita su importancia en tejidos mineralizados y su aplicación biomédica." *TIP Revista Especializada en ciencias Químico - Biológicas* 2006; 9: pages. 90–5.
205. - Inukai J, Yanagida A, Tsuruta S, Takeichi S, Kosaka T. "De and remineralization cycles and fluoride effect on microhardness and roughness of enamel surface." *Dent Oral Craniofac Res.* 2018 *Dent Oral Craniofac Res*, 2017 Volume 3(3): pages. 1-4.

206. - Rocha, Rodriguez Bonilla Valladares, Pablo Aillán, Elena Tello, Gustavo. "Effect of fluoride varnishes on eroded enamel by atomic force microscopy." In vitro study. Revista "Odontología 2017" Vol. 19, N° 1, pages. 55-74.
207. - Rafael Francisco Lia Mondelli, Taisa R. Conti Garrido Gabriel, Fabio Antonio Piola Rizzante, Ana Carolina Magalhães, Juliana Fraga Soares Bombonatti, and Sérgio Kiyoshi Ishikiriama. "Do different bleaching protocols affect the enamel microhardness?" Eur J Dent. 2015 Jan-Mar; 9(1): pages. 25–30.
208. - Soares, Diana Gabriela de Souza et al. "Effect of different bleaching protocols on dental enamel and composite resin". Revista de Operatoria Dental y Biomateriales, 2013 v. 2013, n. 2, pages. 1-12.
209. - Sérgio Lima Santiago. "Methodologies to Analyze the Micromorphological Alterations of Enamel Subjected to Abrasion/Erosion." Federal University of Ceará, Brazil Sep 14, 2014 Passos VF, et al.
210. - Schlueter N. Hara A. Ganss C. "Methods for measuring and characterizing erosion in enamel and dentin." Caries Res 2011; 45 (supl. 1): pages. 13–23.
211. - JM ten Cate, Larsen MJ, Pearce EIF, Fejerskov O. "Chemical interactions between tooth and oral fluids". In Fejerskov O, Kidd E (Ed), Dental Caries the disease in addition, its clinical management. Second edition, Munksgaard: Blackwell. (2008) pages. 209-231.
212. - Yusuke Hashimoto A, Yoshiya Hashimoto, Aki Nishiyra and Naoyuki Matsumoto. "Atomic force microscopy observation of enamel surfaces treated with selfetching primer. Dent Mater J 2013; 32(1): pages. 181–188.
213. - Mehmet Akin, Zeliha Muge Baka, Zehra IleriL & Faruk AyhanY Basciftci. "Can demineralized enamel surfaces be bonded safely?" Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, University of Selçuk, Konya, Turkey Acta Odontologica Scandinavica. 2014; 72: pags.283- 289.
214. - N. Roveri et al. "Surface enamel remineralization: Biomimetic apatite nanocrystals and fluoride ion." Journal of Nanomaterials, 2009 (6): pages. 1-8.

215. - P. Simoner, J. C. Hu. "Dental enamel formation and its impact on clinical dentistry." J Dent Educ. 2001 Vol. 65, pages. 896-905.
216. - Vladan Mirjanić, Đorđe Mirjanić, Adriana Arbutina. "Changes on dental enamel after acid etching." Contemporary Materials, VII-2 (2016) Pages. 185-189.
217. - Torres-gallegos, V Zavala-Alonso, N Patín o-Marín, GA Martinez-Castan on, K Anusavice, t JP Loyola-Rodríguez. "Enamel roughness and depth profile after phosphoric acid etching of healthy and fluorotic enamel." Australian Dental Journal 2012; 57: pages. 151–156.
218. - Bruno Bochnia Cerci, Lucimara Stolz Roman, Odilon Guariza-Filho, Elisa Souza Camargo, Orlando Motohiro Tanaka. "Roughness of tooth enamel with different acid etching times: atomic force microscopy study study." Eur J Gen Dent 2012 -One- pages. 187-91.
219. - Muhammad Sohail ZAFAR and Naseer AHME. "The effects of acid etching time on surface mechanical properties of dental hard tissues." Dental Materials Journal 2015; 34(3): pages. 315–32.

12.-ANEXOS

12.-ANEXOS

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMANDO A DRES. PARA LA RECOLECCION DE MUESTRAS DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN IN VITRO.

Estudio de investigación in vitro: ***RELACION ENTRE LA EVOLUCION CRONOLOGICA DEL ESMALTE Y SU RESPUESTA A LA TECNICA DE GRABADO ACIDO CONVENCIONAL.***

Se utilizan tres tiempos de grabado 10, 15 y 20 segundos y dientes con edades de 7 a 21 años (joven) 22 a 59 años (adulto) 60 en adelante (adulto mayor) los tres períodos evolutivos del esmalte.

La finalidad de esta información es ayudarles a tomar la decisión de donar o no, dientes recientemente extraídos para una Investigación Odontológica.

El Dr. Marcos *Esteban Díaz Peralta*, responsable del estudio en cuestión que se realiza como trabajo de investigación para su tesis doctoral en el Área de Materiales Dentales del Departamento de Odontología de la Universidad de Barcelona y a presentarse en la Universidad de Salamanca en la línea de investigación de Cirugía y Odontoestomatología de la escuela de doctorado de dicha institución bajo la tutoría de los Dres. Julio Herrero Payo, Luis Alberto Sánchez Soler y Ángel F. Espías Gómez. Estamos realizando un estudio cuyo objetivo es evaluar el comportamiento del esmalte dental en su proceso de envejecimiento(evolutivo) y su respuesta a la técnica de grabado ácido convencional en cada una de sus etapas, con tres diferentes tiempos de grabado, a ser utilizado bajo el mismo protocolo de aplicación.

Para esta Investigación se requiere utilizar piezas dentarias con su coronas clínicas libres de caries o restauraciones adhesivas que puedan alterar los resultados del estudio las piezas deben ser recientemente extraídas, por diferentes recomendaciones, periodoncia, ortodoncia etc. Se contactaron clínicas dentales con la finalidad de obtener las piezas dentales para completar la cantidad necesaria para la realización del estudio 30 en total, motivo por el cual se les solicitó a los odontólogos que donen y autoricen el uso de estas piezas dentarias para esta Investigación.

Todos los datos relacionados con su oficina serán guardados de forma

confidencial. Las muestras serán almacenadas indefinidamente con un Código, hasta su utilización en el Laboratorio para el fin antes explicado y se utilizarán única y exclusivamente para esta Investigación.

Es posible que los resultados obtenidos en este estudio sean presentados para su publicación en alguna revista científica o presentados en algún Congreso o en Conferencias sobre el tema, sin embargo, su oficina, su nombre no será divulgado.

A los Dres. donantes se le dará conocer los resultados de la Investigación, o si tienen cualquier otra duda, pueden contactar a Marcos Esteban Díaz Peralta, al Email: dr.marcos2505@gmail.com

He leído lo anteriormente descrito, se me ha explicado el propósito de esta Investigación y mis dudas han sido aclaradas. Con mi firma voluntaria de este documento consiento en donar las piezas dentarias que he extraído para ser utilizadas en este estudio. Se me entregará una copia firmada de este documento y si solicito información, ella me será entregada por los Investigadores.

Oficina Donante

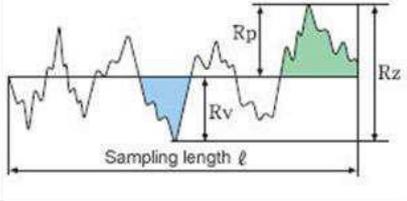
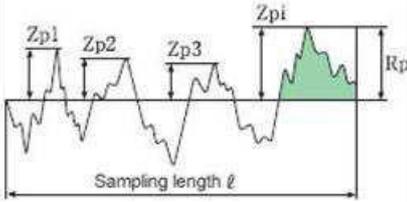
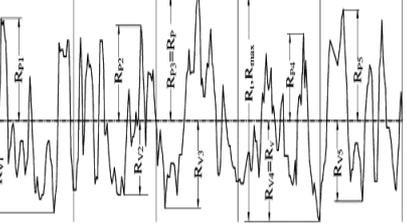
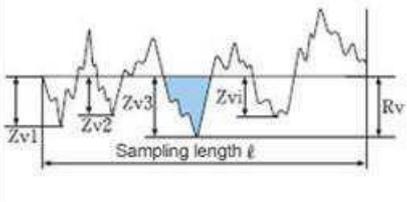
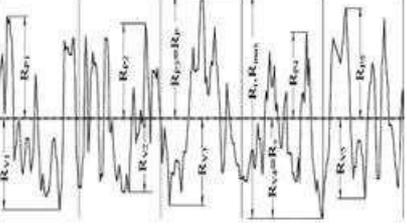
Fecha

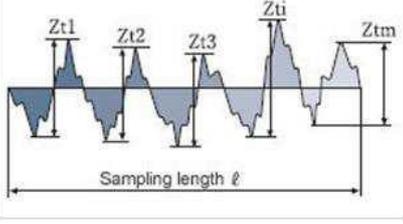
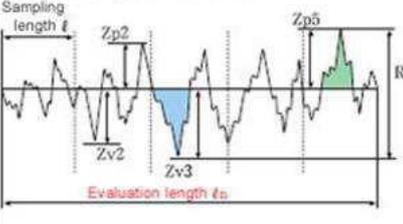
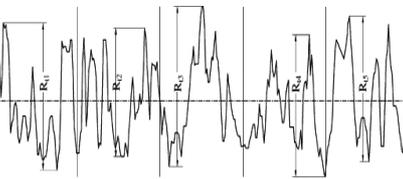
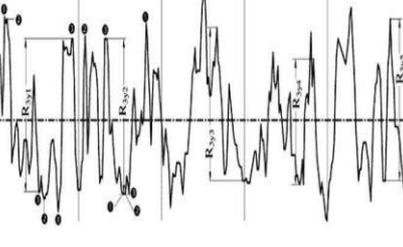
Firma Dr. Responsable.

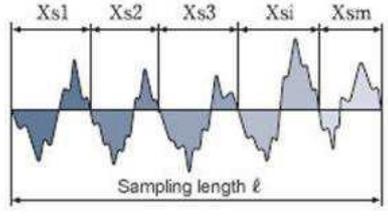
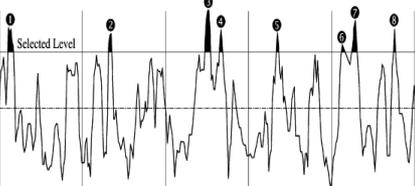
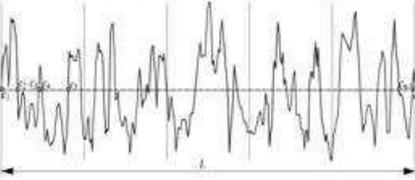
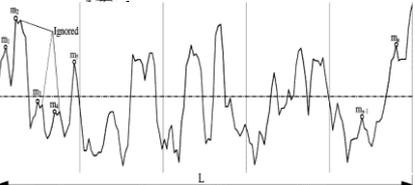
Principales parámetros de rugosidad.

1. Parámetros de rugosidad 2D

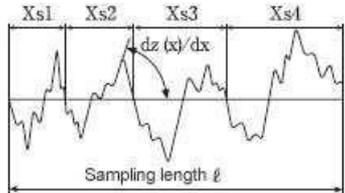
Símbolo	Nombre	Definición	Ecuación Esquema
Parámetros de amplitud			
Ra	Rugosidad media	<p>Expresa la media aritmética de los valores absolutos de Z (x) en una longitud de muestreo.</p> <p>Pa: desviación media aritmética del perfil primario.</p> <p>Wa: desviación media aritmética del perfil de ondulación.</p> <p>La influencia de una sola variación en el valor de la medición es extremadamente pequeña, por lo que los resultados obtenidos son muy estables.</p>	$Ra = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} Z(x) dx$
Rq	Rugosidad media cuadrática (RMS)	<p>Expresa la media de la raíz cuadrada de Z (x) en una longitud de muestreo.</p> <p>Pq: Raíz cuadrada media de la desviación del perfil primario.</p> <p>Wq: Raíz cuadrada media de la desviación del perfil de ondulación.</p> <p>Más sensible que Ra a cambios en picos y valles.</p>	$Rq = \sqrt{\frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} Z^2(x) dx}$
Rsk	Skewness	<p>Expresa la media cúbica de Z (x) en una longitud de muestreo, siendo adimensional y es el cubo de la raíz a media altura del cuadrado, Rq. Nos informa del grado de inclinación, y expresa la simetría de los picos y valles guiándose por la línea media.</p> <p>Rsk = 0: simétrico respecto a la línea media (distribución normal).</p> <p>Rsk > 0: desplazado a la baja con respecto a la línea media.</p> <p>Rsk < 0: desplazado hacia arriba con respecto a la línea media.</p> <p>Psk: asimetría del perfil de primaria.</p> <p>Wsk: asimetría del perfil de ondulación.</p> <p>A menudo se utilizan para la evaluación del brillo y lustre.</p>	$Rsk = \frac{1}{Rq^3} \left[\frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} Z^3(x) dx \right]$
Rku	Kurtosis	<p>Expresa la media bicuadrática de Z (x) en una longitud de muestreo, es adimensional y es la bicuadrática de la raíz Rq de la altura al cuadrado. Esto significa que la kurtosis es un criterio para la nitidez de una superficie.</p> <p>Rku = 3: Distribución normal.</p> <p>Rku > 3: La distribución de la altura es fuerte.</p> <p>Rku < 3: La distribución de la altura no es nítida.</p> <p>Pku: kurtosis del perfil principal.</p> <p>Wku: kurtosis del perfil de ondulación.</p> <p>A menudo se utilizan para la evaluación de brillo y lustre.</p>	$Rku = \frac{1}{Rq^4} \left[\frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} Z^4(x) dx \right]$

Rz	Máxima altura del perfil de rugosidad	<p>Expresa la suma del valor máximo de la altura del pico (R_p) y el valor máximo de profundidad de valle (R_v) en la longitud de muestreo.</p> <p>Perfil de pico: La parte superior de la línea media (eje X) de la curva de perfil (en la dirección del lado material hacia el lado del espacio).</p> <p>Perfil valle: La parte debajo de la línea media (eje X) de la curva de perfil (en la dirección desde el lado del espacio hacia el lado del material).</p> <p>P_z: altura máxima del perfil principal W_z: altura máxima del perfil de ondulación</p> <p>A menudo se utilizan para la evaluación de brillo y lustre, resistencia de la superficie, tratabilidad de la superficie, la fuerza de fricción, resistencia de contacto eléctrica, etc.</p>	<p>$R_z = R_p + R_v$</p> 
Rp	Altura del pico máximo del perfil de rugosidad	<p>Expresa el valor máximo de R_p altura del pico en la curva de perfil, en la longitud de muestreo.</p> <p>P_p: altura del pico máximo perfil del perfil de primaria. W_p: Máximo perfil de altura del pico del perfil de ondulación.</p> <p>Se utilizan para la evaluación de la fuerza de fricción y resistencia al contacto eléctrico.</p>	<p>$R_p = \max (Z(x))$</p> 
Rpm	Altura media de picos	<p>Se define como la altura máxima del perfil por encima de la línea media dentro de la longitud de evaluación.</p> <p>Parámetro útil en fricción y desgaste.</p>	<p>$\bar{R}_p = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n R_{pi} \right)$</p> 
Rv	Máxima profundidad de valle	<p>Expresa el valor máximo de la profundidad Z_v valle en la curva de perfil, en una longitud de muestreo.</p> <p>P_v: Perfil de profundidad máxima valle del perfil principal. W_v: Perfil de profundidad máxima valle del perfil de ondulación.</p> <p>A menudo se utilizan para la evaluación de la resistencia superficial y resistencia a la corrosión.</p>	<p>$R_v = \min (Z(x))$</p> 
Rvm	Profundidad media de valles	<p>Se define como la media de la profundidad máxima de los valles (A_p) obtenido para cada longitud de muestreo de la longitud de evaluación.</p> <p>Parámetro útil en lubricación.</p>	

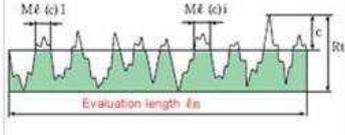
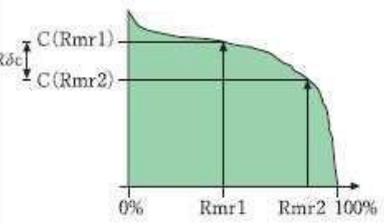
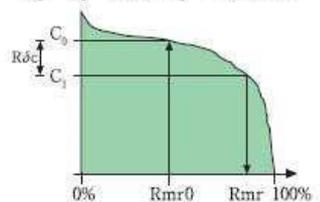
Rc	<p>Altura media de los elementos del perfil de rugosidad</p>	<p>Expresa la media de la altura Z_t de los elementos de la curva del perfil, en una longitud de muestreo.</p> <p>* Perfil elemento curvo: Un pico y valle adyacente.</p> <p>* Altura mínima y las longitudes mínimas de los picos de identificación (valles).</p> <p>Altura de la discriminación mínima: 10% de R_z</p> <p>Discriminación longitud mínima: 1% de la longitud de muestreo.</p> <p>Pc: altura de los elementos principales del perfil medio.</p> <p>Wc: altura de los elementos de perfil ondulación media.</p> <p>A menudo se utilizan para la evaluación de la sensación de alta calidad, rendimiento de adhesión, y la fuerza de rozamiento.</p>	$R_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Z_{ti}$ 
Rt	<p>Altura total del perfil de rugosidad</p>	<p>Expresa la suma del valor máximo del perfil de alturas de los picos Z_p y el valor máximo del perfil de profundidad de los valles Z_v en la curva de perfil, pero en toda la longitud de evaluación.</p> <p>La relación $R_t \geq R_z$ se cumple para todas las curvas de perfil.</p> <p>Pt: altura total del perfil principal.</p> <p>Ps: La altura total del perfil de ondulación.</p> <p>Esta es una medida de la longitud de evaluación, por lo que es un estándar más estricto que R_z.</p>	$R_t = \max(Z_{pi}) + \max(Z_{vi})$ 
Rtm	<p>Media del pico máximo a la altura de valle</p>	<p>Se define como la media de todos los picos máximos a la altura de los valles obtenidos dentro de la longitud de evaluación del perfil.</p>	$\bar{R}_{i,i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{R}_{i,i}$ 
R3y	<p>Altura del tercer punto</p>	<p>Para calcular este parámetro, la distancia entre el tercer pico más alto y el tercer valle más bajo se calcula para cada longitud de muestreo. Entonces la distancia más grande es considerada como la altura del tercer punto (R_{3y}).</p>	
<p>Parámetros de espaciado</p>			

Sm	Anchura media del perfil de rugosidad	<p>Expresa la media de la anchura de los elementos de la curva del perfil en una longitud de muestreo.</p> <p>Se discriminan las alturas mínimas, las longitudes mínimas y los picos y valles mínimos.</p> <p>Altura de la discriminación mínima: 10% de Rz</p> <p>Discriminación longitud mínima: 1% de la longitud de muestreo.</p> <p>PSm: anchura de los elementos del perfil medio primario.</p> <p>WSM: longitud de los elementos de perfil de ondulación media.</p> <p>Útil para la evaluación de brillo y lustre, sensación de alta calidad, rendimiento de adhesión y el tratamiento superficial.</p>	$RSm = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{si}$ 
HSC	Alta densidad de punto	<p>El parámetro HSC se define como el número de regiones altas del perfil por encima de la línea media o por encima de una línea paralela a la línea media, por unidad de longitud a lo largo de la longitud de evaluación.</p>	 <p>Nota: El perfil se muestra en la figura tiene ocho HSC.</p>
Sm	Espacio medio en la línea media	<p>Este parámetro se define como la separación media entre picos del perfil en la línea media y se denota como (Sm). El pico del perfil es el punto más alto del perfil entre ascendente y descendente que cruzan la línea media.</p>	$S_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i$ 
n(0)	Número de intersecciones del perfil en la línea media	<p>Este parámetro calcula el número de intersecciones de la línea de perfil con la línea media medido para cada centímetro de longitud del perfil.</p>	$n(0) = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^n \epsilon_i$ 
m	Número de picos en el perfil	<p>Este parámetro calcula el número de picos del perfil por unidad de longitud (cm). Los picos se cuentan sólo cuando la distancia entre el pico medido y el anterior es mayor al 10% de la altura máxima del perfil (Rt). En el esquema, los tres pequeños picos que siguen a los picos m2, m3 y m4 no se cuentan porque la distancia entre cada pico y el anterior es demasiado pequeña.</p>	$m_i = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^m m_i$ 
rp	Radio medio de las asperezas	<p>El radio de pico medio de parámetro de curvatura se define como el promedio de las curvaturas principales de los picos dentro de la longitud de evaluación. Este parámetro puede calcularse mediante el cálculo del radio de curvatura para cada pico a lo largo del perfil, a continuación, calculando la media de estos radios de curvaturas.</p>	$r_{pi} = \frac{2y_i - y_{i-1} - y_{i+1}}{f_i^2}$ $= \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n r_{pi}$ <p>nota: rpi es el radio de curvatura para un pico</p>

Parámetros híbridos

<p>RΔq</p>	<p>Pendiente media cuadrática del perfil de rugosidad</p>	<p>Expresa la relación de la longitud del material $Ml(c)$ de un elemento respecto a la longitud de evaluación en el nivel de corte C (% o micras)</p> <p>RMP (c): relación de material del perfil de primaria. WMR (c): relación de material del perfil de la ondulación.</p> <p>A menudo se utilizan para la evaluación de la resistencia al desgaste.</p>	$R\Delta q = \sqrt{\frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} \left(\frac{d}{dx} Z(x) \right)^2 dx}$ 
-------------------	---	--	--

Parámetros funcionales

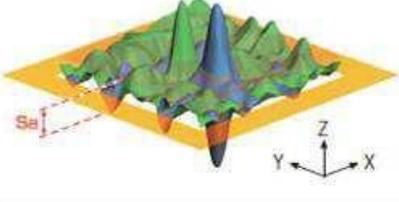
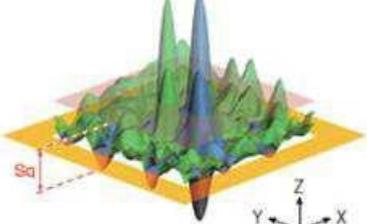
<p>Rmr (c)</p>	<p>Proporción de material relativo del perfil de rugosidad</p>	<p>El área de contacto superficial Rmr es el ratio de rugosidad superficial cortado a la profundidad C y la proporción de áreas de contacto superficial con respecto a las áreas de no contacto para una longitud específica.</p> <p>Rmr es el cociente entre la superficie de contacto a una profundidad C y la superficie total L_t indicado en tanto por ciento.</p>	$Rmr(c) = \frac{1}{\ell_n} \sum_{i=1}^n M\ell(c)_i$ 
<p>Rδc</p>	<p>Diferencias de altura de la sección del perfil de rugosidad</p>	<p>Expresa la diferencia en la sección de corte c en la dirección de la altura que coincide con las dos relaciones de longitud de material.</p> <p>Pδc: Perfil apartado diferencia de altura del perfil principal. Wδc: Perfil apartado diferencia de altura del perfil de ondulación.</p> <p>Se utiliza a menudo para la evaluación de la resistencia de contacto eléctrica.</p>	$R\delta c = c(Rmr1) - c(Rmr2) : Rmr1 < Rmr2$ 
<p>Rmr</p>	<p>Relación del material relativo del perfil de rugosidad</p>	<p>Expresa la relación entre longitud y material que se determina a partir de la referencia de seccionamiento C_0 nivel y la diferencia del nivel de seccionamiento $R\delta c$ de la curva de perfil.</p> <p>Pmr: material relativa del perfil principal WMR: Relativa relación entre el perfil de ondulación longitud del material.</p> <p>Útil para evaluar resistencia al desgaste.</p>	$Rmr = Rmr(c_i)$ $C_i = C_0 - R\delta c, C_0 = C(Rmr0)$ 

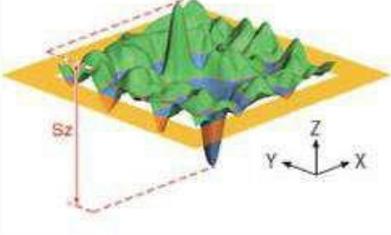
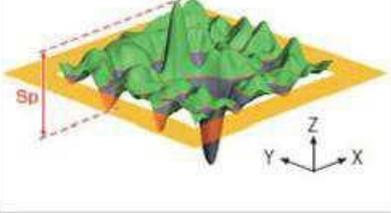
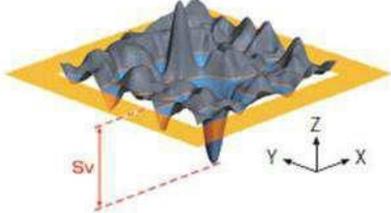
Parámetros de lubricación

<p>Rk</p>	<p>Diferencia vertical en la parte central: La diferencia entre el nivel superior y el nivel inferior de la sección del núcleo</p>	<p>Evalúan la estructura plateau de la superficie:</p>	
<p>Rp</p>	<p>Altura de pico que sobresale: La altura del triángulo de ángulo recto que está construido para tener la misma área que el área del pico que sobresale por encima de la sección de núcleo.</p>	<p>La línea recta equivalente, es la línea recta en la que la línea secante de la curva de carga, calculado para el centro de la curva de carga que incluye el 40% de los puntos de medición en la curva de rugosidad, de tal manera que la diferencia de longitud en la relación de</p>	

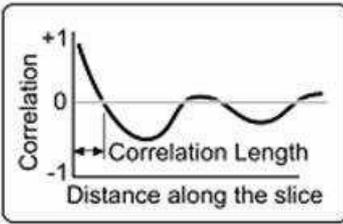
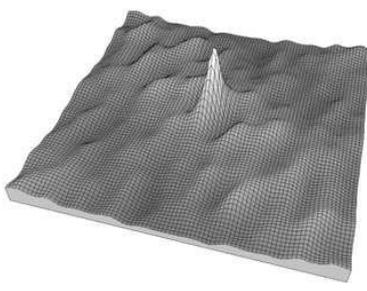
Rvk	Altura de la que sobresale valle: La altura del triángulo de ángulo recto que está construido para tener la misma zona que la zona del valle que sobresale por debajo de la sección de núcleo.	carga Δ Mr es 40 %, y tiene el gradiente más pequeño. Y el área entre las dos posiciones de altura en donde esta línea recta de intersección con el eje de ordenadas al 0% y 100% posiciones en la sección del núcleo.	
Mr1	La longitud de carga en un punto de la intersección entre la línea de demarcación, entre el pico que sobresale, la sección central y la curva de carga	Adecuados para la evaluación del rendimiento de adhesión, tratabilidad superficie, y resistencia al desgaste, y el rendimiento de la lubricación de las superficies del cilindro del motor.	
Mr2	Proporción de la sección principal en la Longitud de carga: La longitud de carga en un punto de la intersección entre la línea de demarcación, entre el pico que sobresale y la sección central, y la curva de carga		

2. Parámetros de rugosidad 3D.

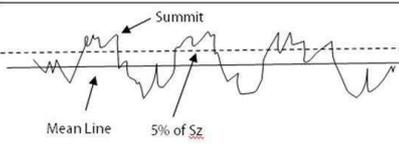
Símbolo	Nombre	Definición	Ecuación Diagrama
Parámetros de amplitud			
Sa	Rugosidad media	<p>Parámetro 3D ampliado de 1 parámetro (2D) Ra. Expresa la media de los valores absolutos de Z (x, y) en el área medida. Es equivalente a la media aritmética de la región medida en el diagrama de visualización tridimensional cuando tanto valles como picos se convierten en valores absolutos.</p> <p>Los resultados obtenidos son muy estables. No diferencia entre picos, valles y el espaciamiento de las diversas características de textura. Sa se utiliza para las superficies mecanizadas.</p>	$Sa = \frac{1}{A} \iint_{\Lambda} Z(x,y) dx dy$ 
Sq	Rugosidad media cuadrática	<p>Parámetro 3D ampliado de 1 parámetro (2D) Rq. Expresa la media de la raíz cuadrada de Z (x, y) en el área medida. Es equivalente a la media cuadrática de la región medida en el diagrama de visualización tridimensional cuando valles se han cambiado a los altos picos por cuadratura.</p> <p>Más sensible que Sa a picos y valles. Se utiliza normalmente para especificar superficies ópticas.</p>	$Sq = \sqrt{\frac{1}{A} \iint_{\Lambda} Z^2(x,y) dx dy}$ 
Ssk	Skewness	<p>Parámetro 3D ampliado de 1 parámetro (2D) Representa el cociente del valor del cubo de los valores de ordenada y el cubo de cuadrados dentro del área medida. Es, por tanto, el grado de asimetría, y expresa la simetría de los picos y valles sobre la superficie media.</p> <p>Ssk = 0: simétrico respecto a la línea media (distribución normal). Ssk > 0: predominio de picos. Ssk < 0: predominio de valles.</p> <p>A menudo se utilizan para la evaluación de brillo y para la supervisión de los diferentes tipos de condiciones de desgaste.</p>	$Ssk = \frac{1}{Sq^3} \left(\frac{1}{A} \iint_{\Lambda} Z^3(x,y) dx dy \right)$

Sku	curtosis	<p>Parámetro 3D ampliado del parámetro (2D) Rku. Expresa un cociente del valor cuadrático medio de los valores de ordenada y es la cuarta potencia de los cuadrados dentro de la zona de medida. La curtosis se establece cómo criterio para la determinación de la nitidez de una superficie, y expresa la distribución de las alturas.</p> <p>Sku = 3: Distribución normal. Sku > 3: La distribución de la altura se enriquece. Sku < 3: La forma de la distribución de la altura de rugosidad superficial es aplastado.</p> <p>A menudo se utilizan para la evaluación de brillo y son útiles para indicar la presencia de cualquier pico o valle que pueda generar fallos en una superficie.</p>	$Sku = \frac{1}{Sq^4} \left(\frac{1}{A} \iint_{\lambda} Z^4(x,y) dx dy \right)$
Sz	<i>Altura máxima de la superficie</i>	<p>Parámetro 3D ampliado del parámetro (2D) Rz. Expresa la suma del valor máximo de la altura del pico Zp y del valor máximo de profundidad de valle Zv dentro de la zona de medida en la superficie.</p> <p>Se utilizan para la evaluación de brillo y lustre, resistencia de la superficie, tratabilidad de superficies, la fuerza de fricción, resistencia de contacto eléctrica, superficies de sellado y aplicaciones de revestimiento.</p>	<p>$Sz = Sp + Sv$</p> 
Sp	<i>Altura máxima de pico</i>	<p>Parámetro 3D ampliado del parámetro (2D) Rp. Expresa el valor máximo de la altura del pico Zp en el área medida de la superficie. Pico de la superficie: un área por encima del nivel medio de la superficie (eje X eje Y).</p> <p>A menudo se utilizan para la evaluación de la fuerza de fricción y resistencia al contacto eléctrico. También para superficies que se apliquen en contactos deslizantes.</p>	<p>$Sp = \max (Z(x,y))$</p> 
Sv	<i>Profundidad máxima de valle</i>	<p>Parámetro 3D ampliado del parámetro (2D) Rv. Expresa el valor máximo de profundidad de valle Zv en el área medida de la superficie. Superficie valle: El área por debajo del nivel medio de la superficie (eje X eje Y).</p> <p>A menudo se utilizan para la evaluación de la resistencia superficial y resistencia a la corrosión. También en aplicaciones relacionados con retención de líquidos y lubricación.</p>	<p>$Sv = \min (Z(x,y))$</p> 

Parámetros de espaciado

<p>ACF</p>	<p>Función de autocorrelación</p>	<p>Para el cálculo de ACF se adopta un duplicado de la superficie ($Z(x-Dx, Dy, y-)$) y la superficie ($Z(x, y)$) y se multiplican ambas superficies, con un desplazamiento lateral relativo (Dx, Dy) entre las dos superficies. Una vez que se multiplican entre sí, la función resultante se integra y se normaliza a S_q, para producir una medida del grado de solapamiento entre las dos funciones. Si la versión desplazada de la superficie es idéntica a la superficie original, entonces la ACF es 1,00. Si la superficie se desplaza de tal manera que todos los picos estén alineados con los valles correspondientes, el ACF se aproximará a -1,00.</p> <p>Es una medida de la similitud de la textura a una distancia dada de la ubicación original. Si ACF se mantiene cerca de 1 para un desplazamiento dado, la textura es similar a lo largo de esa dirección. Si ACF cae rápidamente a cero a lo largo de una dirección dada, entonces la superficie es diferente y por lo tanto "no correlacionada" con la ubicación original de medición.</p>	$ACF = \sum_{i=1}^{N-m} Y_i Y_{i+m}$ 
<p>Sal</p>	<p>Longitud de autocorrelación</p>	<p>Es una medida de la distancia sobre la superficie de tal manera que la nueva ubicación tenga correlación mínima con la ubicación original. La dirección sobre la superficie elegida para encontrar Sal es la dirección que produce el valor de Sal más bajo. Sal es una medida cuantitativa de la distancia a lo largo de la superficie con una textura que es estadísticamente diferente de la ubicación original.</p> <p>Sal es útil para establecer la distancia entre múltiples mediciones realizadas en la superficie y para determinar adecuadamente la especificación general de la textura de la superficie.</p> <p>Útil para encontrar la interacción de la radiación electromagnética con la superficie y también para las características tribológicas, como fricción y desgaste.</p>	$S_{al} = \min_{t_x, t_y \in R} \sqrt{t_x^2 + t_y^2}$ 
<p>Str</p>	<p>Relación de aspecto de la textura</p>	<p>Es una medida de la isotropía espacial o direccionalidad de la textura de la superficie. Si obtenemos una superficie con un área de descanso dominante (superficie planar), el parámetro Str. tenderá hacia 0,00, mientras que en una textura espacialmente isotrópica Str será 1,00.</p> <p>Str es útil para determinar la presencia de cantos en cualquier dirección. Para aplicaciones en las que una superficie se produce por múltiples procesos, Str. se puede usar para detectar la presencia de modificaciones de la superficie subyacente o en la detección de direccionalidades sutiles en una textura que en teoría es isotrópica.</p>	$S_{tr} = \frac{\min(\sqrt{r_x^2 + r_y^2})}{\max(\sqrt{r_x^2 + r_y^2})} \quad , \quad 0 < S_{tr} \leq 1$ $R(r_x, r_y) \leq 0,2$
<p>Std</p>	<p>Dirección de textura</p>	<p>Es una medida de la dirección angular dominante de una superficie. Std. se define en relación con el eje Y.</p> <p>Std es útil en la determinación de la dirección de colocación de una superficie con relación a un punto de referencia mediante el posicionamiento en el instrumento en una orientación conocida. En algunas aplicaciones tales como el sellado, un cambio sutil en la dirección de textura puede dar lugar a condiciones adversas. Std también puede ser utilizado para detectar la presencia de un proceso de modificación preliminar de la superficie (por ejemplo, torneado) que ha de ser eliminado por una operación subsiguiente (por ejemplo, triturado seguido por volteo).</p>	$S_{st} = \begin{cases} -\beta, & \beta \leq \frac{\pi}{2} \\ \pi - \beta, & \frac{\pi}{2} < \beta \leq \pi \end{cases}$ $\beta = \tan^{-1} \frac{Re[F(\rho, f_q)]}{Im[F(\rho, f_q)]} \Big _{\max(\sqrt{Re[F(\rho, f_q)]^2 + Im[F(\rho, f_q)]^2})}$ $F(\rho, f_q) = \Delta x \cdot \Delta y \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(x_m, y_n) e^{-j2\pi(\rho x_m + q y_n)}$ $p = 0, 1, \dots, M-1; \quad q = 1, 1, \dots, N-1; \quad f_p = \frac{x}{\Delta x \cdot M}; \quad f_q = \frac{y}{\Delta y \cdot N}$

Parámetros híbridos

<p>Sdq</p>	<p>(Pendiente de la superficie RMS)</p>	<p>Sdq es una medida general de las marcas que comprende la superficie y puede ser utilizada para diferenciar superficies con similar rugosidad media, Sa. Sdq se ve afectada por la amplitud de la textura y el espaciado. Así, para un determinado Sa, un espaciado de textura más amplio puede indicar un valor Sdq inferior que en una superficie con el mismo Sa con características de espaciado más finas.</p> <p>Sdq es útil para el sellado de los sistemas, la apariencia estética de la superficie y puede estar relacionado con el grado de humectación de la superficie.</p>	$Sdq = \sqrt{\frac{1}{A} \int_0^L \int_0^L \left(\frac{\partial Z(x,y)}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial Z(x,y)}{\partial y} \right)^2 dy dx}$
<p>Sdr</p>	<p>(Porcentaje desarrollado de la interficie)</p>	<p>Se expresa como el porcentaje de área superficial adicional aportado por la textura, en comparación con un plano ideal de tamaño igual a la región de medición.</p> <p>Sdr puede diferenciar mejor superficie de amplitudes y rugosidades similares. Así, Sdr aumentará con la complejidad espacial de la textura independientemente de si varía o no la Sa. Sdr se ve afectada por la amplitud de la textura y el espaciado. Así, valores altos de Sa y espaciados de textura amplios, implican un valor Sdr inferior que en el caso de Sa bajos pero con espaciados de textura más finos.</p> <p>Sdr es útil en aplicaciones que implican revestimientos de superficie y adhesión. Puede encontrar relevancia en superficies utilizadas con lubricantes y otros fluidos.</p>	$Sdr = \frac{(\text{Texture Surface Area}) - (\text{Cross Sectional Area})}{\text{Cross Sectional Area}}$  <p>Surface Area is the total area of all triangles formed over the texture at the resolution of measurement</p> <p>Christopher A. Brown, William A. Johnsen, Kevin M. Hult, Scale-sensitivity, Fractal Analysis and Simulations, Int. J. Mach. Tools Manufact. Vol 38, Nos 5-6, pp. 633-637, 1998</p>
<p>Sds</p>	<p>(Densidad de cumbres)</p>	<p>Es el número de cumbres por unidad de superficie que forman la superficie. Las cumbres se derivan de los picos. Un pico se define como cualquier punto, por encima de los 8 puntos más cercanos. Las cumbres han de estar separadas por al menos el 1 % de la dimensión mínima "X" o "Y" en la zona de medición 3D. Además, las cumbres sólo se encuentran por encima de un umbral que es el 5% de Sz por encima del plano medio.</p> <p>Sds es un parámetro fundamental cuando se considera superficies utilizadas en rodamientos, sellados y contactos electrónicos. La manera en que las cumbres se deforman elásticamente y plásticamente bajo carga está relacionada con el parámetro Sds. Dependiendo de la aplicación, una Sds baja resulta en un mayor contacto localizado, generando posibles picaduras y contaminaciones. En aplicaciones con componentes deslizantes, se necesitan una serie de cumbres para evitar contactos ópticos mientras se mantiene una distribución de la carga razonable. Sds también puede estar relacionado con la apariencia estética de la superficie una vez pintada.</p>	$Sds = \frac{\text{Number of Peaks}}{\text{Area}}$ 
<p>Ssc</p>	<p>(Curvatura media de las cumbres)</p>	<p>Ssc es la media de curvaturas de las cumbres para las diferentes estructuras de pico.</p> <p>Ssc es útil para predecir el grado de deformación elástica y plástica de una superficie bajo diferentes condiciones de carga y por lo tanto se puede utilizar en la predicción de fricción, el desgaste y el área real de contacto para aplicaciones térmicas / eléctricas .</p>	$Ssc = \frac{1}{N} \iint_{\text{Summit-Area}} \left(\frac{\partial^2 z(x,y)}{\partial x^2} \right) + \left(\frac{\partial^2 z(x,y)}{\partial y^2} \right) dx dy$

Parámetros volumétricos

Vvv	El volumen de huecos de la sección de valle se calcula a partir de la curva de porcentaje de material	Parámetros relacionados con el volumen de la porción de vacío y la porción de material.	
Vvc	El volumen de huecos de la sección del núcleo, se calcula a partir de la curva de porcentaje de material		
Vmp	El volumen del material de la sección máxima, calculada a partir de la curva de porcentaje del material	Se definen como se muestra en el diagrama. 10% y 80% son los valores predeterminados de las alturas de los límites entre la sección del valle, la sección central y la sección máxima.	
Vmc	El volumen del material de la sección del núcleo, se calcula a partir de la curva de porcentaje de material.	Comúnmente utilizados para la evaluación del desgaste y de la retención de aceite lubricante.	

Parámetros funcionales

Parámetros de lubricación			
Sk	Diferencia vertical en la sección del núcleo: La diferencia entre el nivel superior y el nivel inferior en la superficie del núcleo.	<p>Evalúan la estructura plateau de la superficie:</p> <p>Caracterización de la altura usando la curva de ratio del material. Son parámetros 3D ampliados de los parámetros 2D que evalúan el rendimiento de lubricación de la superficie en la superficie plateau (R_k, R_{pk}, R_{vk}, $Mr1$, $Mr2$).</p>	
Sp	Altura del pico que sobresale: La altura promedio de los picos que sobresalen por encima de la superficie del núcleo.		
Skv	Altura del valle que sobresale: La altura promedio del valle que sobresale por debajo de la Superficie del núcleo.		
Smr1	La relación de área de carga que separa el pico que sobresale de la sección del núcleo. Se muestra como un porcentaje.		
Smr2	La relación de área de carga que separa el valle que sobresale de la sección del núcleo. Se muestra como un porcentaje.		