

INCLINACIÓN DE INCISIVOS: CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE DESPLAZAMIENTO BUCOLINGUAL Y SUS EFECTOS EN LA LONGITUD DEL ARCO DENTAL

INCISOR INCLINATION: ESTIMATE OF THE QUANTITY OF BUCCOLINGUAL DISPLACEMENT AND THEIR EFFECTS ON THE DENTAL ARC LENGTH

AICARDO TAMAYO LOPERA¹

RESUMEN. Se presentan métodos para calcular con mayor precisión la cantidad de desplazamiento incisal en los movimientos de inclinación bucolingual, basados en las fórmulas longitud de arco y longitud de cuerda de una circunferencia y la ley del seno con centro de rotación dinámico. Cuando se usan arcos preformados de alambre durante las fases de alineación ortodóncica, la inclinación producida sobre los dientes anteriores afecta la forma y la longitud del arco total. Actualmente, esto es un aspecto poco evaluado. Se ofrecen guías para calcular estas variaciones con el propósito de lograr análisis de espacio más exactos. Representaciones y análisis de casos refuerzan esta propuesta.

Palabras clave: angulación incisal, inclinación incisal, arco dentario, posición incisal maxilar, análisis de espacio, corrección del overjet.

Tamayo A. Inclinación de incisivos: cálculo de la cantidad de desplazamiento bucolingual y sus efectos en la longitud del arco dental. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2011; 22(2): 227-245.

ABSTRACT. Methods are presented to calculate more precisely the quantity of incisor displacement during buccolingual inclination movements. It is based on the arc length and chord length of a circle and law of sines with dynamic rotation center formulas. When preformed archwires are used during the orthodontic alignment phases, the inclination taking place on the anterior teeth affects the form and total arch length. At present this aspect has not been evaluated in depth. Guidelines are offered to calculate these variations with the purpose of achieving a more exact space analysis. Representations and case analysis reinforce this proposal.

Keywords: incisor angulation, incisor inclination, dental arch, maxillary incisor position, space analysis, overjet correction.

Tamayo A. Incisor inclination: estimate of the quantity of buccolingual displacement and their effects on the dental arc length. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2011; 22(2): 227-245.

INTRODUCCIÓN

La posición bucolingual de los incisivos es un parámetro importante para obtener la oclusión adecuada.¹ Puede afectar la estética facial anteroinferior, el funcionamiento de los labios y la estabilidad post-tratamiento.² Cuando las posiciones e inclinaciones incisales son excesivas se acompañan generalmente de discrepancias maxilares esqueléticas y tienen efecto sobre los arcos dentales. En las deficiencias

de espacio los incisivos pueden estar ubicados en una inclinación correcta sobre sus huesos basales pero apiñados, o bien, pueden alinearse completa o parcialmente a expensas del labio,^{3,4} como en las incompetencias labiales mayores a 3 o 4 mm, en las que el labio se protruye con eversión y aumento de la tensión.¹ Las mediciones cefalométricas de la inclinación incisiva⁵ y de la ubicación del borde incisal, ambos factores significativos en los análisis tradicionales,⁶ complementan estas características.

1 Odontólogo, Especialista en Odontología Integral del Adolescente y Ortodoncia. Medellín, Colombia. Correo electrónico: aicardotl@yahoo.es.

La variabilidad en la posición de los incisivos con respecto a sus bases óseas puede limitar la terapéutica biomecánica.⁷ Diversos procedimientos se han utilizado para corregir la excesiva proinclinación y retroinclinación de los incisivos con apiñamiento o sin él. Algunos planes de tratamiento ortodóncico incorporan vestibularización de incisivos, especialmente en pacientes que exhiben apiñamiento mínimo o moderado de 4 mm o menos y en quienes podrían beneficiarse con aumento del soporte labial.⁸ El desgaste interproximal es un tratamiento conservador que gana espacio para coordinar los tamaños dentarios en ambos arcos buscando solucionar el apiñamiento o para posicionar incisivos correctamente en sus bases óseas con un mínimo cambio en el perfil facial.⁵ La cantidad de desgaste interproximal difiere según algunos autores.⁹⁻¹²

En cuanto a las exodoncias, desde los tiempos de Charles Tweed se vio la necesidad de tratar muchas de las maloclusiones más graves con extracciones, según su visión avanzada de los parámetros ideales de tratamiento.¹³ Efectivamente, grandes deficiencias de espacio y biprotrusiones severas con efectos faciales en las que se requiere retraer incisivos, suelen ser una indicación para extraer los premolares. Sin embargo, se requiere prudencia al tomar esta decisión. Actualmente existen investigaciones que demuestran que el aspecto facial queda mejor sin exodoncias, ya que se prefieren labios con aspecto de llenura y prominentes.¹⁴ Además, cerrar los espacios retruyendo o retroinclinando excesivamente los incisivos es un tratamiento complicado y prolongado que puede tener inconvenientes estéticos.²

El mismo Tweed utilizó mediciones cefalométricas de la posición incisiva para establecer los límites estéticos de la protrusión. Él se concentró en el incisivo mandibular y encontró armonía en las líneas faciales de personas que tenían inclinaciones incisales entre 85 y 95° (90° promedio) con respecto al borde inferior del cuerpo de la mandíbula.¹⁵ Según él, con esta angulación se lograba balance facial, un mecanismo de masticación eficiente, tejidos bucales sanos y estabilidad de los resultados.¹³ Además observó que la armonía facial disminuía a medida que los dientes se protruían. No obstante, hoy se

considera que incisivos inferiores con inclinaciones menores de 90° proyectan perfiles más planos y caras retruidas.²

Tweed trazó tres líneas cefalométricas que permitieron relacionar la inclinación de los incisivos inferiores no solo con las bases óseas donde estaban ubicados sino además con la parte media de la cara representada en el plano horizontal de Frankfort, formando de esta manera tres ángulos conocidos como FMA (ángulo del plano mandibular-plano de Frankfort), FMIA (ángulo del eje de los incisivos inferiores-plano de Frankfort) e IMPA (ángulo del plano mandibular-incisivos inferiores)¹⁶ (figura 1).

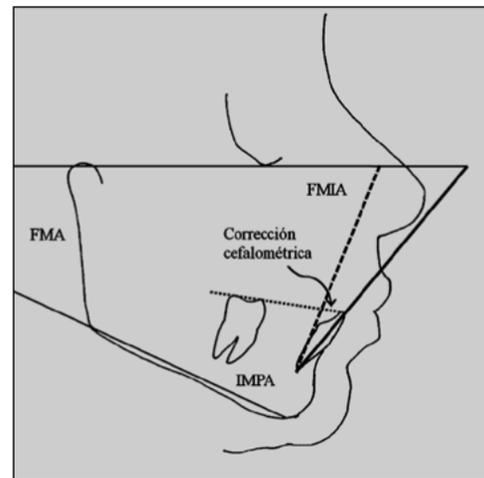


Figura 1. Triángulo facial de Tweed y trazado manual para la corrección cefalométrica luego de cambios en la posición incisal

Fuente: paciente de consulta privada.

El triángulo facial formado era una fórmula que se debía alcanzar como objetivo para un buen resultado de tratamiento. Presenta las siguientes variables: si FMA está entre 20 y 29° se debe compensar la inclinación de los incisivos hasta que FMIA sea de 68°; cuando el plano mandibular esté muy inclinado en relación con el plano de Frankfort (30° o más) se disminuye el valor de IMPA retroinclinando los incisivos hasta que FMIA alcance 65° y si FMA es menor de 20° se aumenta el valor de IMPA sin pasar de 92°. En resumen, a todo FMA le corresponde un FMIA e IMPA específicos, construidos mediante la inclinación de los incisivos inferiores.

En el plano oclusal radiográfico Tweed medía la distancia entre los bordes incisales originales y deseados con el fin de determinar cuánto afectaba el espacio existente. El resultado se sumaba o restaba a la discrepancia total del arco dental, de tal manera que si era necesario el desplazamiento lingual la medida era negativa ya que disminuía el espacio disponible sobre el hueso basal. A esta evaluación del espacio anterior, donde se medía el desplazamiento incisal inferior, Tweed la llamó corrección cefalométrica¹⁷ (figura 1).

Si bien Tweed concibió la inclinación de los incisivos inferiores siguiendo una trayectoria lineal con centro de rotación (CRot) en el ápice radicular, trayectorias curvilíneas con CRot cercanos al centro de resistencia (CRes) se observan en algunas superposiciones suyas de incisivos superiores y otras se detectan al hacer nuevas superposiciones en estructuras estables de la mandíbula (figura 2). Esto último es necesario hacerlo ya que, por efectos del crecimiento y el tratamiento ortodóncico, la mandíbula puede aparecer desplazada en las superposiciones generales (trazadas con referencia a la base craneal) dificultando la comparación de la posición incisal durante el tratamiento.

Existen otras referencias que guían la inclinación adecuada de los incisivos (tablas 1 y 2).

Antes de inclinar los incisivos bucolingualmente es indispensable saber cuánto se desplazan sus bordes incisales con el fin de determinar la variación correspondiente en el arco dental, sin que resulten sobrantes o faltantes teóricos de espacio no esperados. La determinación de la longitud necesaria

debe ser lo más exacta posible cualquiera sea el análisis utilizado, puesto que incluso discrepancias de algunos milímetros pueden cambiar radicalmente un tratamiento.

Tabla 1. Mediciones para la inclinación de incisivos superiores

Referencias cefalométricas	Autor(es) y norma
Eje longitudinal del incisivo superior con el plano palatino	Burstone y Legan: ¹⁸ 112,5° (±5,3°) mujeres y 111° (±4,7°) hombres
Eje del incisivo superior con el plano Frankfort	Trujillo: ¹⁹ 110° (±3°) Riedel: ²⁰ 111° (±5,7°)
Eje del incisivo superior con el plano SN	Jarabak: ²¹ 102° (±2°) Riedel: ²⁰ 104° (±5,7°) adultos y 103,5° (±5°) niños
Eje del incisivo superior con el plano Nasion-punto A	Trujillo ¹⁹ -Steiner: ²² 22° (±2°)
Eje del incisivo superior con el plano A-Pogonion	Ricketts: ²³ mujeres 112,5° (±5,3°) y hombres 111° (±4,7°)

Tabla 2. Mediciones para la inclinación de incisivos inferiores

Referencias cefalométricas	Autor(es) y norma
Eje del incisivo inferior con el plano mandibular (Go-Me)	Jarabak: ²¹ 90° (±3°) Trujillo: ¹⁹ 91° (±5°) Downs: ²⁴ 91,4° (±3,78°) Burstone y Legan: ¹⁸ 95,9° (±5,7°) mujeres, ±5,2° hombres
Eje del incisivo inferior con el plano Go-Gn	Riedel: ²⁰ 93° (±7,0°)
Eje del incisivo inferior con el plano Nasion-punto B	Trujillo: ¹⁹ 20° (±3,0°) Steiner: ²² 25° (±2,0°)
Eje del incisivo inferior con el plano A-Pog	Ricketts: ²³ 22° (±4,0°)

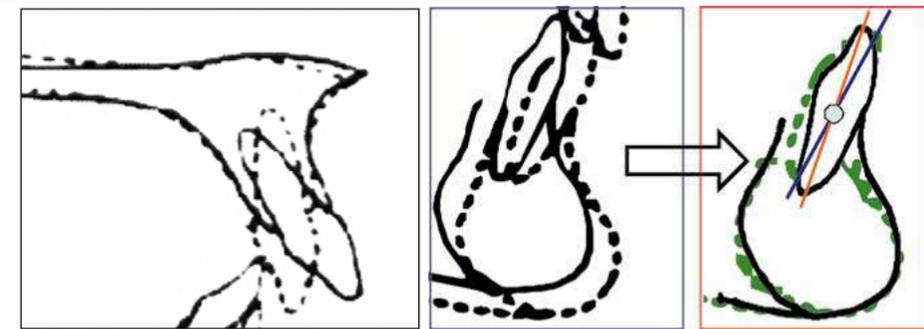


Figura 2. Inclinación no controlada de incisivos superiores e inferiores

Fuente: Tweed C. Clinical Orthodontics. 1966.

Esta valoración previa ayuda a controlar aspectos asociados a movimientos rotacionales de los dientes como el perfil y las dimensiones intermaxilares sagitales como el overjet y el acople anterior, o verticales como el overbite. Pero también es especialmente decisiva para predecir con mayor exactitud las diversas opciones de tratamiento en las cirugías ortognáticas a partir del entrecruzamiento de incisivos correctamente posicionados. La cantidad de descompensación incisal ortodóncica limita los resultados de la corrección quirúrgica esquelética, establece la magnitud y tipo de la misma y es un actor principal en el éxito del tratamiento.²⁵

Como frecuentemente estas descompensaciones no alcanzan valores normales²⁶ es necesario evaluar la efectividad de los métodos que predicen la cantidad de recorrido incisal en los movimientos de inclinación. Se enfatiza este tipo de movimiento porque es más viable que los desplazamientos en cuerpo, especialmente en los incisivos inferiores.²⁷ Interlandi establece que con los métodos actuales no se puede anticipar con exactitud la longitud de desplazamiento bucolingual incisal en los movimientos de inclinación ya que están en juego muchas variables.²⁸

El propósito de este artículo es proponer métodos para calcular con mayor exactitud la cantidad de desplazamiento bucolingual de los incisivos centrales en los movimientos de inclinación según la biomecánica inicial que se va a usar. Un segundo propósito es analizar los efectos de la inclinación de los dientes anteriores en la forma y la longitud del arco dental luego del uso de arcos preformados de alineación.

A continuación se presentan los métodos propuestos:

CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE DESPLAZAMIENTO INCISAL EN LOS MOVIMIENTOS DE INCLINACIÓN

A. Método arco de circunferencia

Debido a la relación del diente con los tejidos circundantes y los brackets con los alambres, realmente un movimiento de rotación como tal no se presenta.²⁹

Además se requiere una fuerza cuya dirección esté constantemente cambiando para mantener el movimiento curvilíneo del diente.³⁰ Sin embargo hoy, con la utilización de fuerzas leves en arcos redondos durante la fase de alineación ortodóncica, hay mayores probabilidades de que la rotación incisal efectivamente indique un movimiento de los puntos del diente a lo largo del arco de un círculo como afirman Smith y Burstone.³¹

Se espera entonces que cuando a un incisivo central se le aplique una fuerza sencilla horizontal mediante arcos de alambre que no tengan suficiente capacidad de nivelación, el borde incisal rote describiendo un segmento de circunferencia. Para conocer la longitud de ese desplazamiento se propone en este artículo aplicar la ecuación de longitud de arco de una circunferencia. Para facilitar el cálculo expresamos la ecuación en grados:

$$\text{arco} = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180}$$

donde α es el ángulo de desplazamiento, es decir, la cantidad de grados que se van a rotar o inclinar los incisivos hasta lograr una posición deseada y r es la longitud de un radio que se extiende desde el borde incisal hasta el CRot del incisivo.

También puede ser expresada en radianes: $\text{arco} = \theta \cdot r$. Donde θ es el ángulo de desplazamiento.

Para movimientos de inclinación no controlada el CRot está ubicado aproximadamente en el primer tercio de la raíz en incisivos sanos periodontalmente, en este caso el radio es la suma de la longitud de la corona + el primer tercio de la raíz. El radio aumenta con CRot más apicales. El radio depende entonces de la ubicación del CRot y de la longitud dentaria (figura 3). La longitud de los incisivos puede obtenerse en las radiografías.

Con la fórmula y mediante los esquemas de la figura 3 se comprueba que al corregir una inclinación en un mismo diente el recorrido de los bordes incisales (en rojo) varía según la ubicación del CRot.

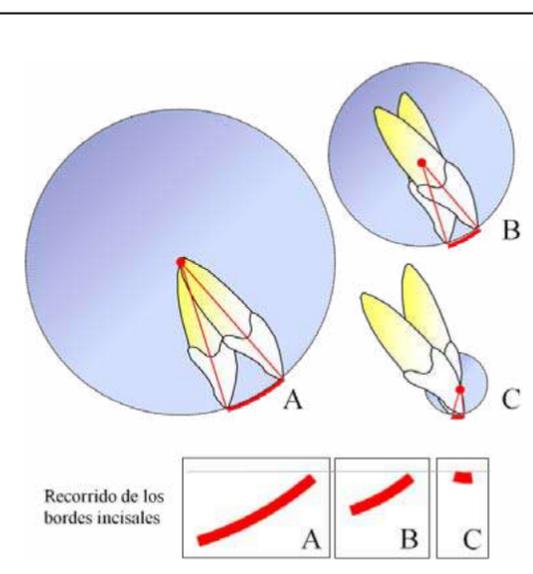


Figura 3. El desplazamiento incisal es proporcional a la distancia entre el CRot y los bordes incisales. Comparar el recorrido: A en el ápice, B cerca al CRes y C en el bracket

Con la inclinación no controlada del diente, donde el CRot está ubicado cerca al CRes (figura 3B), se promueve menor desplazamiento de los bordes incisales en comparación con CRot más apicales (figura 3A), aunque mayor en comparación con CRot ubicados en los brackets (figura 3C). Esta comparación tiene un carácter ilustrativo debido a que la rotación en estos dos últimos puntos requiere fuerzas cuplas adicionales, las cuales no son comunes en las primeras fases del tratamiento e impiden una verdadera trayectoria en arco, a menos que se hagan ajustes mecánicos especiales.

De la tabla 3 se obtiene que si se corrige la inclinación de los incisivos mediante movimientos rotacionales se obtiene aumento de desplazamiento proporcional al aumento del radio, con una tendencia regular debido a que se sigue una trayectoria circular (figura 4). Para un grado de corrección, estos desplazamientos oscilan entre 0,02 en radios de 1 mm hasta 0,52 en radios de 30 mm.

Con la trayectoria en arco, en algunos casos es posible lograr la nivelación del plano oclusal; si los bordes incisales están intruidos con relación al plano oclusal, es posible la nivelación mediante un movimiento de retroinclinación porque en la rotación tiene lugar una extrusión relativa. Lo contrario ocurre en bordes incisales extruidos que se proinclinan.

Tabla 3. Método arco de circunferencia. Desplazamiento (mm) incisal, cuspeo o apical según radio y ángulo de desplazamiento

Longitud del radio (mm)	5	10	15	20	25	30
1	0,09	0,17	0,26	0,35	0,44	0,52
5	0,44	0,87	1,31	1,74	2,18	2,62
10	0,87	1,74	2,62	3,49	4,36	5,23
15	1,31	2,62	3,93	5,23	6,54	7,85
20	1,74	3,49	5,23	6,98	8,72	10,47
25	2,18	4,36	6,54	8,72	10,9	13,08

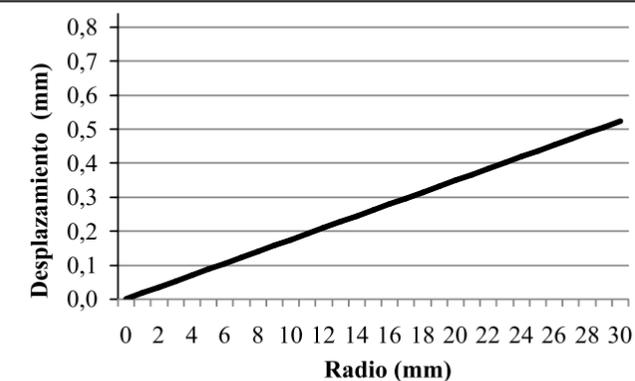


Figura 4. Método arco de circunferencia. Desplazamiento (mm) incisal, cuspeo o apical de un grado según la longitud del radio

B. Método cuerda de circunferencia

Puesto que en el análisis de espacio la medida real se hace con la cuerda mas no con el arco, se puede encontrar la distancia aproximada recorrida por los bordes incisales mediante una línea recta. Se forma de esta manera un triángulo isósceles que se estudiará como la unión de dos triángulos rectángulos. Se propone entonces aplicar la definición de la función trigonométrica seno para hallar el desplazamiento incisal en los movimientos de rotación:

$$cuerda = 2 \left(r \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2} \right)$$

donde r es la longitud del radio y α es el ángulo vértice de desplazamiento (figura 5).

La diferencia en la longitud de recorrido con respecto al método arco de circunferencia es insignificante en la práctica, incluso para valores altos de radio y ángulo de desplazamiento. Como en el método anterior, el desplazamiento de los bordes incisales aumenta con la distancia de estos a los CRot del diente.

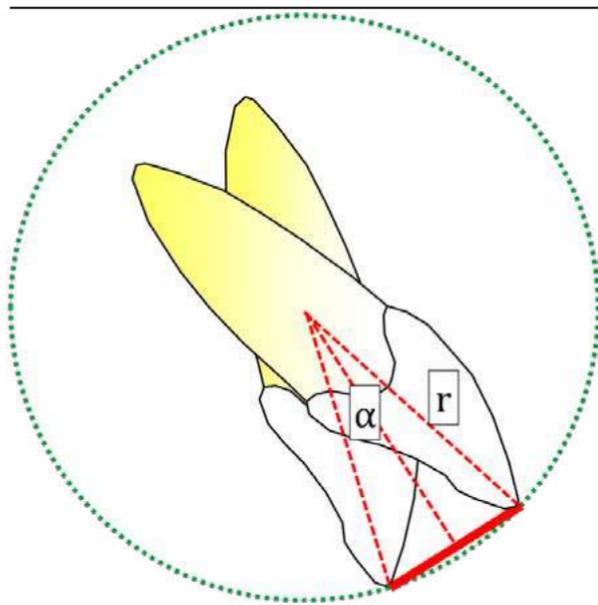


Figura 5. Esquema del desplazamiento incisal a través de una secante. Este método facilita medir el desplazamiento en la rotación

C. Método ley del seno con centro de rotación fijo

Como se mencionó antes, Tweed¹⁷ medía manualmente el desplazamiento de los bordes incisales inferiores en el plano oclusal cefalométrico. Se observa que formaba un triángulo (casi siempre obtusángulo) con la posición inicial y final del incisivo y con un CRot fijo ubicado en el ápice, el cual asumía sin importar la biomecánica utilizada. Surge la pregunta del porqué utilizó siempre este CRot. La respuesta puede estar en los resultados que obtuvo al comparar los trazados cefalométricos, los cuales eran elaborados con un intervalo de uno o dos años de diferencia, luego de que habían sido implementadas diversas mecánicas para inclinar incisivos; se recuerda, por ejemplo, que en el tratamiento con la técnica estándar en la que Tweed¹⁷ fue uno de los pioneros, tempranamente se utilizaban arcos redondos con múltiples dobleces y arcos rectangulares gruesos que muy posiblemente activaban cuplas cuando se insertaban en los brackets.

Con el fin de conocer la equivalencia en milímetros por cada grado a corregir con la inclinación incisal, se construye un modelo gráfico utilizando la metodología de Tweed¹⁷ y algunas mediciones estandarizadas. Además se revisan algunos de sus casos clínicos. En el modelo sugerido se mide la retroinclinación de los incisivos inferiores en sus bases óseas cada 5°. Además se presentan las siguientes condiciones: FMA de 30°, incisivos inferiores con longitudes axiales cercanas a los estándares (21,5 mm) y angulación del plano oclusal con respecto al plano de Frankfort según Downs ($9,5 \pm 3,8^\circ$)²⁴ (figura 6). Los resultados se observan en la tabla 4.

Tabla 4. Desplazamiento incisal (mm) por grado a través del plano oclusal según Tweed. Promedios por cada cinco grados de desplazamiento

Ángulo del plano mandibular/incisivos-IMPA (°)	105	100	95	90	85
Ángulo incisivos inferiores-Frankfort - FMA (°)	45	50	55	60	65
Acumulado de la discrepancia cefalométrica (mm)		2,1	4,1	5,9	7,6
Desplazamiento incisal por grado de desplazamiento (mm)		0,43	0,41	0,39	0,38

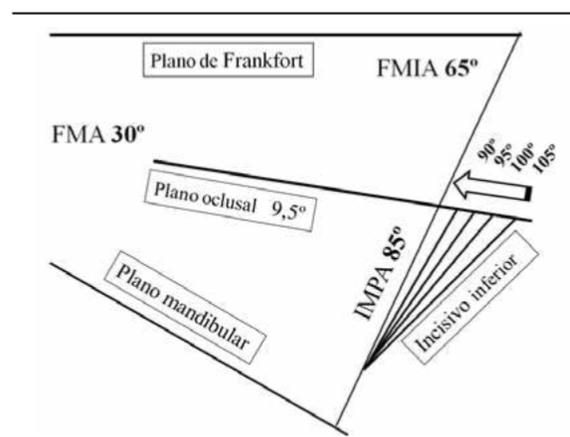


Figura 6. Esquema del desplazamiento incisal anteroposterior según Tweed. Los intervalos se reducen con la retroinclinación

Según los resultados de este ejercicio con esquema triangular, no se descubre una constante numérica como tal que se pueda utilizar para convertir los grados de recorrido incisal hasta milímetros, ya que los intervalos no son iguales. Si se tabulan los casos clínicos reportados por Tweed¹⁷ también se comprueba esta tesis, ya que en las correcciones cefalométricas de las retroinclinaciones se obtienen promedios de 0,7 a 1 mm por grado por arcada o 0,35 a 0,5 mm por hemiarcada (tabla 5).

Tabla 5. Desplazamiento incisal (mm) por grado de corrección en casos Clase II división 1 presentados por Tweed en 1966

FMA real a deseado (°)	Discrepancia cefalométrica (°)	Corrección cefalométrica (mm)	Disminución en la longitud de arco (mm)	Milímetros por grado por hemiarcada
60 a 65	5	2,5	5	0,5
47 a 65	18	7,5	15	0,4
54 a 65	11	4,5	9	0,4
59 a 65	6	2,5	5	0,4
58 a 65	7	2,5	5	0,3
57 a 68	11	4	8	0,3

La representación del triángulo también ha sido utilizada por Braun.³² Mediante un triángulo rectángulo obtiene el desplazamiento incisal inferior en función de la tangente. El radio se calcula a partir de un CRot localizado al 40% de la longitud radicular hacia el

ápice. Se considera que este método solo es aplicable con ángulos rectos.

Para determinar con mayor exactitud la longitud de la proinclinación o retroinclinación incisal semejando el método manual de Tweed, se debe asumir que ante la aplicación de una fuerza sencilla horizontal sobre un incisivo central insertado en un arco de nivelación (lo que determina un plano oclusal recto) este se inclinará siguiendo también una trayectoria recta. Se propone entonces aplicar la ley del seno y para ello definir los ángulos iniciales y deseados de los incisivos centrales superiores e inferiores con el plano oclusal (PO) medidos en los cuadrantes externos superior e inferior respectivamente (figura 7). A partir del método de Tweed podemos deducir una ecuación para calcular el desplazamiento incisal en los movimientos de inclinación sobre un plano oclusal recto con CRot fijo:

$$\frac{r \cdot \text{sen} \alpha}{\text{sen} \beta}$$

donde r es la longitud del radio, α es el ángulo de desplazamiento y β es el ángulo deseado incisivo-PO.

Se debe tener en cuenta que el ángulo deseado en la proinclinación es adyacente suplementario al ángulo ubicado dentro del triángulo (perfilado por el desplazamiento incisal) y ambos tienen el mismo valor de seno lo que facilita la aplicación de la ecuación; lo mismo sucede para el ángulo inicial en la retroinclinación (figura 7). El ángulo inicial para la ecuación se puede obtener desde la cefalometría, o bien, sumando el ángulo plano palatino-eje del incisivo superior con el ángulo plano palatino-PO para los incisivos superiores, o sumando el ángulo plano mandibular-eje del incisivo inferior con el ángulo plano mandibular-PO para los incisivos inferiores.

Es importante anotar que, asociado a la simplificación de este método, se observa un elemento de imprecisión. Cuando se calculan desplazamientos hacia ángulos deseados más obtusos que los iniciales con frecuencia en las proinclinaciones, aparece aumento progresivo e ilógico del radio, grado por grado y al contrario, cuando se calculan desplazamientos hacia ángulos deseados menos obtusos que los iniciales

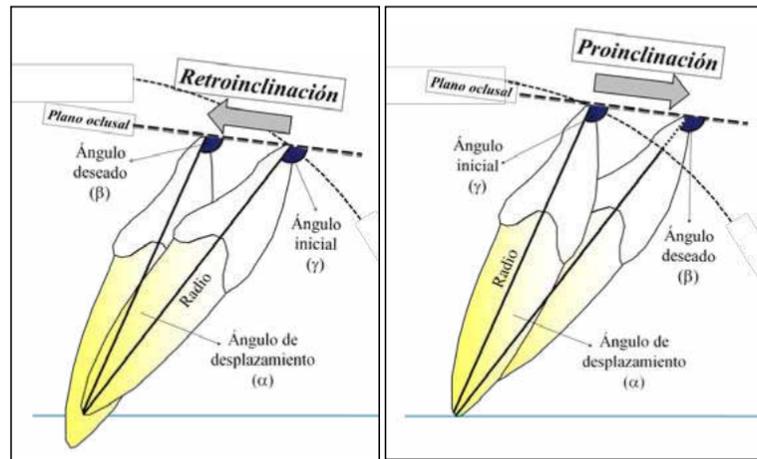


Figura 7. El desplazamiento incisal siguiendo el plano oclusal según el método Tweed, es mayor en las proinclinaciones y menor en las retroinclinaciones por una variación ilógica de la longitud del radio

como en las retroinclinaciones, aparece disminución progresiva del radio. Y realmente el radio siempre debería ser el mismo. El método de Tweed supone entonces una variación en la longitud del diente, puesto que, a pesar de existir un CRot fijo, luego de la inclinación el borde incisal no permanece en la circunferencia formada por la rotación (línea discontinua). En consecuencia, los desplazamientos incisales en los avances son mayores que en los retrocesos como lo sugiere la longitud de las flechas en las figuras 7 y 8. Por lo tanto, a medida que aumenta el ángulo de desplazamiento más imprecisiones se presentan. La explicación es que Tweed consideraba un CRot que permanecía en la misma posición dentoalveolar mientras en la realidad, el diente se desplaza vertical y sagitalmente.

D. Método ley del seno con centro de rotación dinámico

Con el método propuesto acá, se asume que al inclinar el incisivo sobre el plano oclusal lo acompañará su CRot. Esto significa que efectivamente se presenta una combinación de rotación y traslación como lo mencionaba Hocevar en 1981.³⁰ En la figura 8 se comparan resultados de los métodos asociados a la ley del seno luego de una inclinación teórica de 40°. Se observa que el cálculo, mediante lo que se ha llamado en este artículo CRot dinámico (en rojo), promedia las diferencias en los recorridos

de retroceso y avance con CRot fijo (azul y verde respectivamente), mostrando igual desplazamiento para ambos tipos de movimiento.

Por lo tanto, en este artículo se propone una aproximación al desplazamiento real de los bordes incisales durante la inclinación sobre un plano oclusal recto con CRot dinámico mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{r \cdot \text{sen } \alpha (\text{sen } \beta + \text{sen } \gamma)}{2 \text{sen } \beta \cdot \text{sen } \gamma}$$

donde r es la longitud del radio, α es el ángulo de desplazamiento, β es el ángulo deseado incisivo-PO y γ es el ángulo inicial incisivo-PO.

Se concluye que con la inclinación incisal sobre un plano oclusal recto los desplazamientos obtenidos son diferentes a los de las rotaciones porque el valor en milímetros por cada grado de desplazamiento no solamente se incrementa proporcionalmente al aumento del radio como en el método arco de circunferencia, sino que también aumenta progresivamente a medida que aumenta el valor de los ángulos implicados (a pesar de que el intervalo entre ellos sea igual) como se observa en la tabla 6 y la figura 9. Es decir, la distancia recorrida por el incisivo será mayor a medida que el ángulo externo

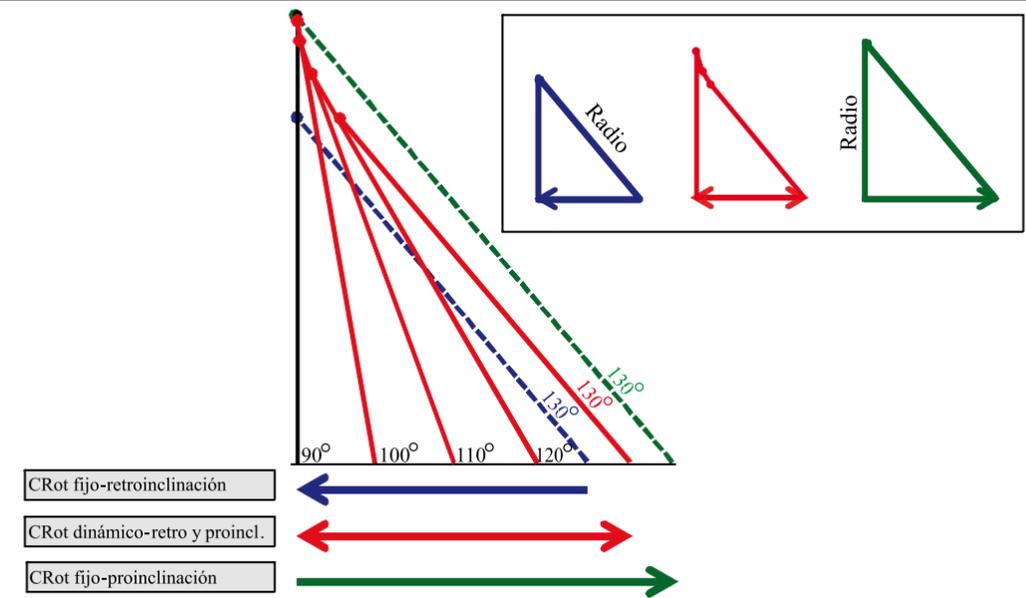


Figura 8. Comparación de los métodos ley del seno con CRot fijo y dinámico. Con CRot dinámico los retrocesos y avances tienen igual desplazamiento porque el CRot se traslada

entre el incisivo central y el PO sea más obtuso, y al contrario. Esto se presenta por la extrusión del incisivo en los avances y por la intrusión en los retrocesos y se corresponde con hiperdivergencias y convergencias del plano oclusal con los planos palatino y mandibular.

Tabla 6. Método ley del seno CRot por grado dinámico. Desplazamiento (mm) incisal o cuspeo por grado en el plano oclusal recto de un grado según el valor del ángulo y la longitud del radio

Longitud del radio (mm)	1	10	20	30
Valor del ángulo (°)				
91-90	0,02	0,17	0,35	0,52
101-100	0,02	0,18	0,35	0,53
111-110	0,02	0,19	0,37	0,56
121-120	0,02	0,20	0,40	0,60
131-130	0,02	0,23	0,46	0,68

E. Aplicaciones prácticas

Para entender estos métodos se tomará como ejemplo incisivos centrales superiores de 22 mm de lon-

gitud total, que incluyen 10 mm de longitud coronal, a 126° con respecto al plano palatal e incisivos centrales inferiores de 19,5 mm, con 9 mm de corona, a 96° al plano mandibular. Se utilizan angulaciones normalizadas de 114° para el incisivo superior y 90° para el incisivo inferior con las referencias mencionadas. Se hacen las siguientes preguntas:

¿Cuánta (mm) es la retroinclinación en arco de los bordes de incisivos centrales hasta una angulación reglada, asumiendo un CRot cerca al CRes? En superior los grados de desplazamiento son doce, el radio es 14 (10 mm para corona + 4 mm para un tercio de la raíz), por lo tanto, el recorrido circular del incisivo superior es de 2,9 mm ($\pi \cdot r \cdot \alpha / 180 = 3,14 \times 14 \times 12 / 180$) y los milímetros de desplazamiento por grado son 0,24. En inferior, los grados de desplazamiento son seis, el radio sería 12,5 (9 para corona + 3,5 mm para un tercio de la raíz) y con la aplicación de la fórmula $3,14 \times 12,5 \times 6 / 180$ el desplazamiento requerido del incisivo inferior sería de 1,3 mm con promedio de 0,22 mm por grado de corrección.

¿Cuánta es la retroinclinación en cuerda de circunferencia?

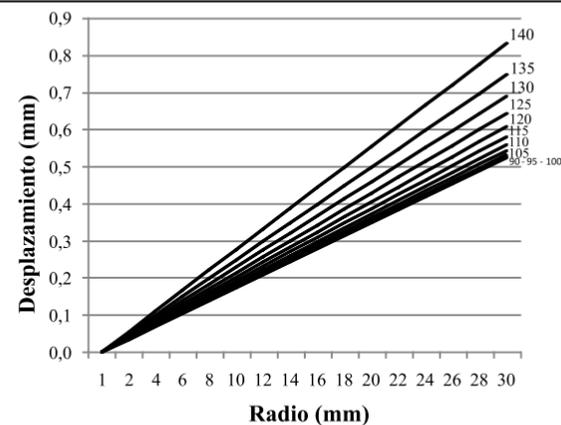


Figura 9. Método ley del seno CRot dinámico. Desplazamiento (mm) incisal o cuspídeo en el plano oclusal recto de un grado según el valor del ángulo y la longitud del radio

Aplicando la ecuación 2 ($r \cdot \sin \alpha/2$). $2 (14 \times \sin 6) = 2,9$ mm para el incisivo superior y $2 (12,5 \times \sin 3) = 1,3$ mm para el incisivo superior

¿Cuánta es la retroinclinación en arco asumiendo un CRot en el ápice? Para corregir 12° , los bordes incisales superiores se lingualizan 4,6 mm con promedio $0,38 \text{ mm}^\circ$ y para corregir 6° los inferiores se lingualizan 2,0 mm con promedio $0,34 \text{ mm}^\circ$.

Cuánto se proinclinan en arco los ápices radiculares con un CRot cerca al CRes? Estos se desplazan a vestibular una distancia de 1,7 mm en superior y 0,7 mm en inferior (radios de 8 y 7 mm, respectivamente).

¿Cuánto grados y milímetros se requiere desplazar el ápice radicular si queremos retroinclinarse el borde incisal superior un milímetro aplicando movimiento de torque con CRot en el bracket? Continuando con el ejemplo anterior, y utilizando brackets posicionados verticalmente a 4 o 5 mm, se debe retroinclinarse el borde incisal y por ende, proinclinarse el ápice 15 o 12° , respectivamente, ya que el desplazamiento incisal por grado con estos radios es muy pequeño, $0,07$ y $0,09$ mm, respectivamente. Los desplazamientos apicales resultantes en sentido contrario a la corona serían de 3,8 y 3,6 mm con brackets a alturas de 4 y 5 mm, respectivamente. Se observa, pues, que cualquier ajuste importante del overjet o del acople con este tipo de movimiento es una tarea difícil.

¿Cuál es la longitud de retroinclinación de los incisivos superiores en el plano oclusal asumiendo un CRot cerca al CRes luego de una corrección de 12° si se aplican los métodos ley del seno con CRot fijo y dinámico?

Para este ejercicio se tiene un plano oclusal divergente a 10° del plano palatal, los 126° al plano palatal se traducen en 136° al plano oclusal y los 114° ideales al plano palatal en 124° al plano oclusal (figura 10).

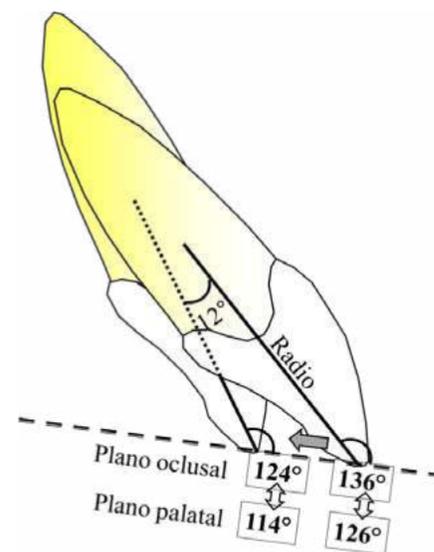


Figura 10. Método CRot dinámico. Retroinclinación de 12° desde un ángulo externo incisivo-plano oclusal de 136°

Con un CRot fijo: desplazamiento incisal = radio x seno de ángulo de desplazamiento/seno del ángulo deseado) = $14 \times \sin 12 / \sin 124 = 3,5$ mm.

CRot dinámico: = radio x seno ángulo de desplazamiento x (seno ángulo deseado + seno ángulo inicial)/2 x seno ángulo deseado x seno ángulo inicial = $14 \times \sin 12 \times (\sin 124 + \sin 136) / 2 \times \sin 124 \times \sin 136 = 3,8$ mm.

Los siguientes casos clínicos también nos ilustran el método arco de circunferencia:

Paciente de trece años con perfil biprotruso. Incisivos centrales superiores proinclinados 123° con respecto al plano palatal y con longitud de 27,5 mm. Estos incisivos se retroinclinaron mediante la aplicación de fuerzas sencillas con cadenas elásticas y arcos redondos, por lo que se esperó un CRot cerca al CRes. Se calculó un radio de 18,5 mm (12 para corona + 6,5 mm para el primer tercio de la raíz) y se determinó que para retroinclinarse 9° los incisivos centrales superiores hasta la norma de 114° , estos se debían lingualizar 2,9 mm. Esta cifra se restó al

espacio disponible por hemiarcada. Posteriormente se hizo un control radiográfico que confirmó la rotación incisal no controlada y un radio cefalométrico similar de 19 mm, pero el avance llegó hasta los 112° al cual corresponden 3,65 mm de desplazamiento incisal calculados con la fórmula arco de circunferencia y que fue similar a las mediciones encontradas utilizando métodos de superposición radiográfica y mediante modelos de yeso, las cuales oscilaron entre 3,5 y 4,0 mm. Con la misma fórmula se calcula un ajuste necesario de medio milímetro de proinclinación para lograr una inclinación ideal (figura 11).

Paciente de veinte años con perfil biprotruso. Incisivos centrales inferiores inclinados 100° con respecto al plano mandibular y con longitud de 22 mm. Se decidió retroinclinarse los incisivos 3,5 mm mediante rotación, lo que implicaba un radio de 13 mm (8,5 mm para corona + 4,5 mm para el primer tercio de la raíz) e inclinación incisal final de 85° , lo cual se confirmó luego con la superposición radiográfica. Mediante los modelos de yeso se hizo el control del desplazamiento incisal (figura 12).

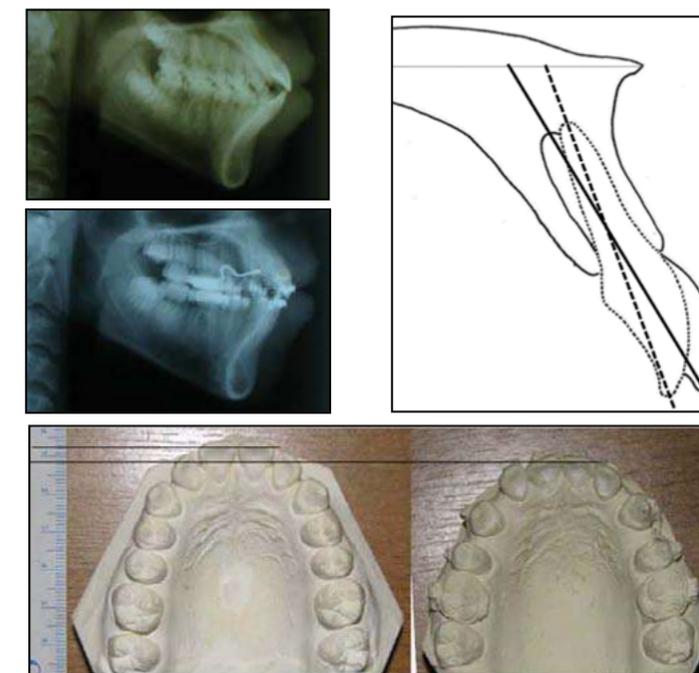


Figura 11. Superposición radiográfica y odontograma comparativo de la retroinclinación incisal en superiores

Fuente: consulta institucional.

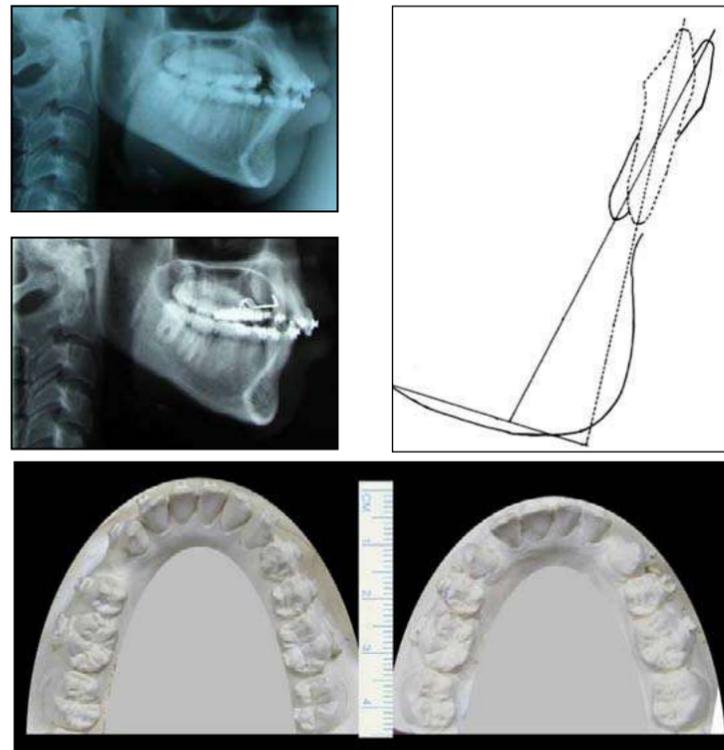


Figura 12. Superposición radiográfica y odontograma comparativo de la retroinclinación incisal en inferiores

Fuente: consulta privada.

Es importante que cuando se corrijan inclinaciones incisales se favorezcan las condiciones que minimicen al máximo la pérdida de anclaje para hacer más exactos los análisis de espacio, o bien tener en cuenta este aspecto en los cálculos.

EFFECTOS DE LA INCLINACIÓN DE LOS DIENTES ANTERIORES EN LA FORMA Y LA LONGITUD DEL ARCO DENTAL LUEGO DEL USO DE ARCOS PREFORMADOS DE ALAMBRE

Predecir los cambios en la longitud del arco antes de una expansión transversal puede ser útil en la planificación del tratamiento ortodóncico, como muchos autores lo han reportado.³³⁻³⁷

Diversas teorías analizan los cambios en el perímetro de arco cuando los incisivos son inclinados a una posición cualquiera dentro del arco basal, ya que el avance o retroceso incisal se expresan mesio-

distalmente.³⁸ Una guía para predecir el incremento en el perímetro del arco, asociado con la expansión ortodóncica, fue sugerida por Ricketts²³, estableció que por cada milímetro de avance incisal, el perímetro de arco se incrementaría 2 mm. Steyn desaprobó esta fórmula y sostuvo que los ajustes en el arco dental anterior son distintos a medida que se acorta la profundidad del arco.³⁹ O'Higgins estableció que por cada aumento de 5° en la proinclinación de los incisivos superiores se espera aproximadamente 1 mm de incremento en la longitud del arco.⁴⁰ Al respecto se han sugerido promedios mayores, resultantes de la utilización de diferentes aparatos de expansión que varían la forma del arco en los procedimientos finales.^{33, 41, 42} O'Higgins también recomendó promedios para predecir los cambios en el overjet luego de la expansión de los arcos; estos incluían, como aporte importante, incrementos de espacio no esperados asociados al movimiento de incisivos y caninos.⁴³ Showfety, por su parte, presentó tablas para calcular este efecto en el arco dental.⁴⁴ Más adelante será

descrito en este artículo que este fenómeno puede explicarse en los cambios que sufre el arco dental original durante la terapéutica.

Para Tuverson⁴⁵ el torque radicular lingual podría incrementar la longitud del arco dental. Hussels⁴⁶ propuso una fórmula matemática para determinar la disminución de la longitud del arco dental en el nivel cervical de los dientes luego de retroinclinarse los incisivos. BeGole⁴⁷ desarrolló un método incorporando gráficos e índices cuantitativos para analizar los cambios en la forma y dimensión del arco dental. Y cada vez existen métodos computarizados más precisos para analizar estas variaciones producidas por el desplazamiento bucolingual de los dientes anteriores.⁴⁸ Finalmente, la estabilidad de la expansión transversal ha sido ampliamente investigada.⁴⁹⁻⁵⁶

Para comprender el segundo propósito de este artículo se debe dividir el arco dental formado por los dientes anteriores en tres segmentos: uno anterior y dos laterales. Durante un tratamiento de ortodoncia, cuando el segmento anterior del arco, compuesto por los incisivos centrales, se inclina bucolingualmente, lo hace por lo general antero-posteriormente. En los segmentos laterales los incisivos laterales, caninos, premolares y hasta molares (dependiendo de la extensión del arco anterior) se inclinan bucolingualmente a los lados y antero-posteriormente, con predominancia variable. En todos, la inclinación puede estar acompañada de rotación axial.

Cuando los movimientos bucolinguales de estos segmentos son diferentes e independientes entre sí, cambian la forma (convexidad) del arco y pueden afectar la longitud del perímetro, esto es especialmente posible con el uso de arcos preformados de ortodoncia o cualquier otro dispositivo similar que tenga un contorno diferente al arco dental.

Para el siguiente análisis se consideran las diversas situaciones que se pueden presentar en arcos dentales a los cuales se les impone una forma diferente mediante arcos preformados que tienen amplitud similar (tabla 7). En los arcos cuadrados la orientación de la fila de los dientes anteriores es más lateral y en los arcos ojivales o triangulares es más anteroposterior. En ambos casos la alineación ortodóncica, por efecto de la propiedad elástica del alambre, hace que

el espacio en la zona posterior del arco no se afecte proporcionalmente al desplazamiento incisal, como se verá a continuación.

A. Arco dental anterior menos convexo que el arco de alambre

En los arcos dentales de los pacientes Clase II división 2, o en los arcos rectangulares o en general en los arcos con menor convexidad que los arcos preformados de alambre cuando se retroinclinan intencionalmente los incisivos centrales, adicional al espacio mesiodistal que se resta por causa de la retroinclinación, se requiere restar el espacio que consume la lingualización y rotación axial de los dientes que conforman los segmentos laterales del arco anterior (tabla 7-A).

Independiente de la proinclinación incisal producida durante la nivelación de la curva de Spee^{15, 32, 57, 58} la proinclinación de los incisivos, especialmente los centrales, se puede dar involuntariamente con el uso de los arcos preformados (figura 13).

La expresión mecánica del arco preformado tiende a proinclinarse los incisivos hacia una zona libre de obstáculos (figura 14A) más que a colapsar el arco dental y mantener los incisivos centrales en su posición original. Esto último supondría la obligación de generar espacio adicional mediante desgaste interproximal o distalización masiva (figura 14B). Simultáneamente a esa proinclinación involuntaria, es probable que se lingualicen y roten axialmente los dientes que conforman el segmento lateral del arco anterior. Lo primero aumenta el perímetro pero lo segundo lo reduce, por esto se espera en la zona posterior disminución del espacio que se va a conseguir con la proinclinación de los incisivos (tabla 7B).

Todavía más, la proyección de un arco dental anterior de forma original aplanada con igual longitud que el sector semicircular de un arco de alambre puede no generar espacio extra en posteriores y sin embargo lograr la inclinación incisiva y alineación deseadas. Esto es posible si la suma mesiodistal de entre caninos o premolares, los cuales normalmente conforman los extremos de la curva anterior, es igual al perímetro del semicírculo del alambre (figura 15C).

Tabla 7. Variaciones en la longitud y forma del arco dental con la inclinación bucolingual de los dientes anteriores cuando se utilizan arcos preformados de ortodoncia

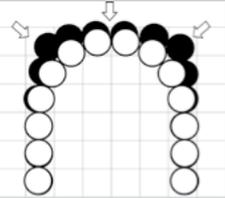
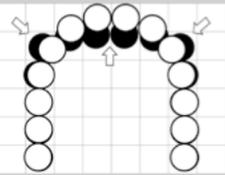
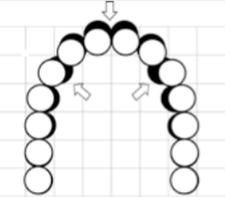
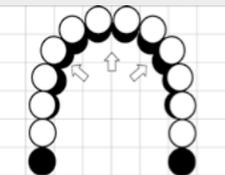
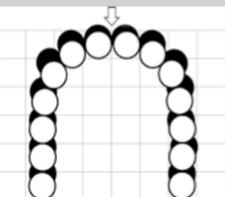
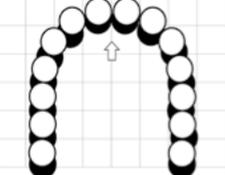
Forma del arco dental anterior	Desplazamiento bucolingual de incisivos centrales	Desplazamiento bucolingual del segmento lateral anterior	Perímetro mesiodistal	Ilustración
Menos convexo que el arco de alambre	Retroinclinación	Contracción	Restar desplazamiento lingual de incisivos centrales	 A
			Restar lingualización del segmento lateral anterior	
	Invariable	Contracción	Restar lingualización del segmento lateral anterior	 B
Proinclinación	Contracción	Sumar desplazamiento vestibular de incisivos centrales		
		Restar lingualización del segmento lateral anterior		
Más convexo que el arco de alambre	Retroinclinación	Expansión	Restar desplazamiento lingual de incisivos centrales	 C
			Sumar vestibularización del segmento lateral anterior	
	Invariable	Expansión	Sumar vestibularización del segmento lateral anterior	 D
Proinclinación	Expansión	Sumar desplazamiento vestibular de incisivos centrales		
		Sumar vestibularización del segmento lateral anterior		
Igual de convexo que el arco de alambre	Retroinclinación	Invariable	Restar desplazamiento lingual de incisivos centrales	 E
			Sumar desplazamiento vestibular de incisivos centrales	
	Proinclinación	Invariable	Sumar desplazamiento vestibular de incisivos centrales	 F



Figura 13. Proinclinación incisal involuntaria en la alineación de pacientes Clase II, división 2

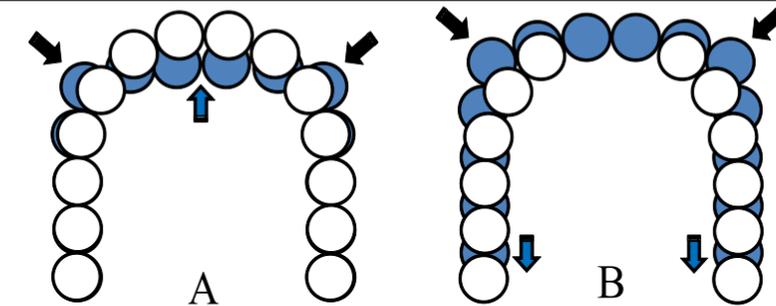


Figura 14. A. Proinclinación incisal y leve contracción del arco involuntarias debido al arco de alambre. B. Conservación de la inclinación incisal y contracción del arco mediante tratamiento activo

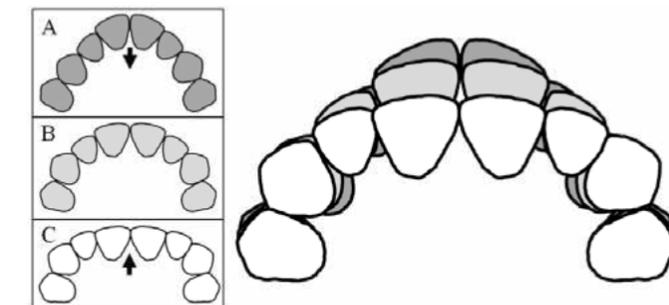


Figura 15. Inclinación de incisivos sin efectos en la longitud total mesiodistal

B. Arco dental anterior más convexo que el arco de alambre

En caso contrario, en los arcos dentales triangulares o en general en los arcos con más convexidad que los arcos preformados de alambre, cuando se proinclinan intencionalmente los incisivos centrales, adicional al espacio mesiodistal generado por la proinclinación se requiere sumar el espacio creado por los movimientos combinados de vestibularización y rotación axial de los dientes que conforman el segmento lateral del arco anterior (tabla 7-D).

También en estos casos se pueden presentar cambios, con frecuencia involuntarios, luego de la simple inserción del arco de alambre. Contrario a que los incisivos centrales no se muevan y el resto de dientes se mesialice, se activa más bien una retroinclinación espontánea de los incisivos centrales y simultáneamente una expansión del segmento lateral del sector anterior. Esto último brinda espacio adicional. En consecuencia, en la zona posterior se espera que disminuya la demanda de espacio debida a la retroinclinación incisal (tabla 7-C). La figura 16

muestra el arco dental superior de un paciente de veintitrés años atendido en consulta particular que inicialmente presenta leve apiñamiento y proinclinación de incisivos centrales. Luego de tres meses de alineación se observa retroinclinación y rotación axial de estos incisivos. Laterales, caninos y hasta premolares se vestibularizan y rotan expandiendo el arco lateralmente y hacia adelante según su ubicación, compensando en parte el espacio que requiere la retroinclinación.

Cuando se usan arcos de ortodoncia semicirculares en arcos dentales muy triangulares la expansión puede ser tan grande que es probable retroinclinación incisivos proinclinados sin necesidad de distalizar los dientes de los extremos del arco dental anterior (caninos o premolares) anulando la necesidad de espacio en zona de posteriores (figura 15A).

C. Arco dental anterior igual de convexo que el arco de alambre

Finalmente, si se pretende corregir la inclinación incisiva conservando la forma y el tamaño del arco dental, es decir si el arco original fuera similar a la forma y el diámetro del arco preformado de alambre, el desplazamiento incisal afectaría en similar magnitud el espacio de los segmentos dentales posteriores, porque el arco no perderá ni ganará espacio en la dimensión transversal lateral. La exactitud aumentará a medida que las dos filas de dientes posteriores tengan la misma orientación del desplazamiento incisal o que sean paralelas entre sí. Solamente en este caso se coincide con Ricketts en que por cada milímetro de avance incisal el perímetro de arco se incrementará 2 mm^2 (tabla 7E y 7F).

Lo anterior nos muestra que se pierde exactitud cuando se hacen análisis de espacio sobre arcos dentales que sufrirán variaciones de forma durante el tratamiento y no se hacen las correcciones necesarias en tal sentido. Idealmente estos análisis deberían hacerse luego de la alineación, pues se espera conservar esta forma de arco durante todo el tratamiento ortodóncico, o de otro modo, se deberían buscar mecanismos para predecir los cambios morfológicos esperados. También es importante examinar si las formas de arco dental logradas con el desarrollo de los arcos de ortodoncia son estables.

Para anticipar este efecto sobre la longitud del perímetro total manifestado en la dimensión transversal lateral se sugiere que, en el análisis de espacio, se cuantifique la discrepancia entre el total del tamaño mesiodistal de los dientes que conforman la zona que se necesita expandir o contraer (incisivos, caninos, premolares, a veces molares) versus el perímetro que ofrece el arco preformado de alambre sobre el modelo; o bien hacerlo en dos pasos, determinando primero la discrepancia entre el tamaño dentario versus el perímetro original que es lo tradicional, y sumarla a la discrepancia entre el perímetro original y el perímetro del arco de alambre utilizado. Adicionalmente, mediante la aplicación de las ecuaciones propuestas en la primera parte de este artículo, se puede prever cuántos grados se van inclinar los incisivos con un determinado desplazamiento incisal sin necesidad de tomar radiografías cefálicas adicionales, si se tiene a la mano información del radio y de la inclinación inicial de los incisivos con el plano oclusal.

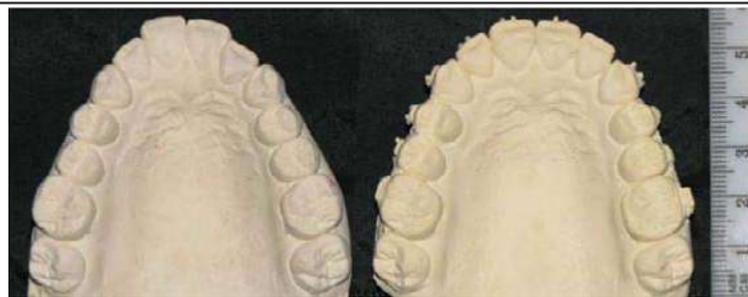


Figura 16. Retrainclinación y expansión lateral espontáneas en la alineación de arcos triangulares

Fuente: consulta privada.

CONCLUSIONES

Utilizando la fórmula para longitud de arco y longitud de cuerda de un círculo se puede predecir con mayor exactitud la cantidad de desplazamiento incisal/cuspídeo o apical en los movimientos de rotación.

Mediante la utilización de la fórmula propuesta basada en la ley del seno con centro de rotación dinámico es posible predecir la cantidad de desplazamiento incisal en los movimientos de inclinación a través de un plano oclusal recto.

La biomecánica empleada, la longitud del diente y la forma de la trayectoria incisal determinan la cantidad de desplazamiento incisal/apical en los movimientos de inclinación. Distancias más grandes desde los centros de rotación específicos hasta los extremos (bordes incisales o ápices), dientes más largos y trayectorias rectas desplazan más por cada grado de corrección.

En los análisis de espacio se debe considerar el efecto de los arcos preformados de alambre sobre la forma y la longitud del arco dental y buscar estrategias para calcular estas variaciones.

Durante la corrección de la inclinación de los incisivos, la cantidad de desplazamiento incisal se corresponde en similar magnitud en las zonas dentales posteriores solamente cuando se utilizan arcos de ortodoncia con igual convexidad y tamaño que los arcos dentales.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, fuente de toda bendición. A la doctora Mónica Jones, profesora ortodoncista por su aporte en el material bibliográfico y por su estímulo a la investigación de este tema. Al profesor Marco Antonio Giraldo, doctor en física y coordinador del Grupo de Biofísica de la Universidad de Antioquia por la revisión general de la matemática.

CORRESPONDENCIA

Aicardo Tamayo Lopera
Teléfonos 270 10 52, 310 450 84 85
Envigado, Colombia
Correo electrónico: aicardotl@yahoo.es

REFERENCIAS

1. Andrews, LF. The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod* 1972; 62(3): 296-309
2. Graber TM, Vanarsdall RL. *Ortodoncia: principios generales y técnicas*. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2003. 1016 p.
3. Gustafsson M, Ahlgren J. Mentalis and orbicularis activity in children with incompetent lips. *Acta Odontol Scand* 1975; 33: 355-363.
4. Thuer U, Ingervall B. Effect of muscle exercise with an oral screen on lip function. *Eur J Orthod* 1990; 12(2): 198-208.
5. Sangcharearn Y, Ho C. Effect of incisor angulation on overjet and overbite in class II camouflage treatment. *Angle Orthod* 2007; 77(6): 1011-1018.
6. Canut J. La posición de los incisivos inferiores: fórmulas diagnósticas y fundamentos clínicos. *Rev Esp Ortod* 1999; 29: 3-16.
7. Dougherty HL. The orthodontic standard of care. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991; 99(5): 482-485.
8. Holdaway RA. A soft-tissue cephalometric analysis and its use in orthodontic treatment planning. Part I. *Am J Orthod* 1983; 84(1): 1-28.
9. Boese LR. Fiberotomy and reproximation without lower retention, nine years in retrospect: part I. *Angle Orthod* 1980; 50(3): 88-97.
10. Boese LR. Fiberotomy and reproximation without lower retention, nine years in retrospect: part II. *Angle Orthod* 1980; 50(3): 169-178.
11. Berrer HG. Protecting the integrity of mandibular incisor position through keystone procedure and spring retainer appliance. *J Clin Orthod* 1975; 9: 486-494.
12. Hudson AR. A study to the effects of mesiodistal reduction of mandibular anterior teeth. *Am J Orthod* 1956; 42: 615-624.
13. Tweed CH. A philosophy of orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1945; 31: 74-103.
14. Bisson M, Grobbelar A. The Esthetic properties of lips: A comparison of models and nonmodels. *Angle Orthod* 2004; 74: 162-166.
15. Tweed C. Was the development of the diagnostic facial triangle as an accurate analysis based on fact or fancy? *Am J Orthod* 1962; 48(11): 823-840.
16. Tweed C. The frankfort-mandibular plane Angle in orthodontic diagnosis, classification treatment planning, and prognosis. *Am J Orthod* 1946; 32(4): 175-230.
17. Tweed C. *Clinical Orthodontics*. Volume one. 1966. St Louis, Mosby, 425 p.
18. *Burstone CJ, James RB, Legan HL, Murphy GA, Norton LA*. Cephalometrics for orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 1978; 36(4): 269-277.

19. Trujillo J, Seamanduras A, Talamas A, Mendoza RE. Análisis para el diagnóstico de las anomalías de desarrollo maxilofaciales en individuos de la ciudad de México. *Pract Odontol* 1990; 11(5): 9-16.
20. Riedel RA. An analysis of dentofacial relationships. *Am J Orthod* 1957; 43(2): 103-119.
21. Jarabak JR, Fizzel JA. *Technique and treatment with light wire edgewise appliances*. 2.^a ed. St. Louis: Mosby; 1972.
22. Steiner C. Cephalometrics for you and me. *Am J Orthod* 1953; 39(10): 729-735.
23. Ricketts RM. Cephalometrics analysis and synthesis. *Angle Orthod* 1961; 31(3): 141-156.
24. Downs WB. Variations in facial relationships: Their significance in treatment and prognosis. *Am J Orthod* 1948; 34(10): 812-840.
25. Troy BA, Shanker S, Fields HW, Vig K, Johnston W. Comparison of incisor inclination in patients with Class III malocclusion treated with orthognathic surgery or orthodontic camouflage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 135(2): 146 e1-146 e9.
26. Johnston C, Burden D, Kennedy D, Harradine N, Stevenson M. Class III surgical-orthodontic treatment: a cephalometric study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 130(3): 300-309.
27. Strahm C, De Sousa AP, Grobéty D, Mavropoulos A, Kiliaridis S. Is bodily advancement of the lower incisors possible? *Eur J Orthod* 2009; 31(4): 425-431.
28. Interlandi S. *Ortodoncia: Bases para la iniciación*. S. Interlandi. São Paulo: Artes Médicas; 2002.
29. Kusy RP, Tulloch JF. Analysis of moment/force ratios in the mechanics of tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986; 90(2): 127-131.
30. Hocevar R. Understanding, planning, and managing tooth movement: Orthodontic force system theory. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1981; 80(5): 457-477.
31. Smith R, Burstone C. Mechanics of tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1984; 85(4): 294-307.
32. Braun S, Kusnoto B, Hnat W. The curve of Spee revisited. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996; 10(2): 206-210.
33. Adkins MD, Nanda RS, Currier GF. Arch perimeter changes on rapid palatal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990; 97(3): 194-199.
34. Motoyoshi M, Hirabayashi M, Shimazaki T, Namura S. An experimental study on mandibular expansion: increases in arch width and perimeter. *Eur J Orthod* 2002; 24(2): 125-130.
35. Hnat WP, Braun S, Chinhara A, Legan HL. The relationship of arch length to alterations in dental arch width. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000; 118(2): 184-188.
36. Paulino V, Paredes V, Gandia JL, Cibrian R. Prediction of arch length based on intercanine width. *Eur J Orthod* 2008; 30(3): 295-298.
37. Germane N, Lindauer SJ, Rubenstein LK, Revere JH, Isaacson RJ. Increase in arch perimeter due to orthodontic expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991; 100(5): 421-427.
38. Rakosi T. *Atlas de ortopedia maxilar: diagnóstico*. Barcelona: Ediciones científicas y técnicas; 1992. 272 p.
39. Steyn CL, Harris AM, du Preez RJ. Anterior arch circumference adjustment – how much? *Angle Orthod* 1996; 66(6): 457-462.
40. O'Higgins EA, Kirschen RH, Lee RT. The influence of maxillary incisor inclination on arch length. *Br J Orthod* 1999; 26(2): 97-102.
41. Akkaya S, Lorenzon S, Ucem T. Comparison of dental arch and arch perimeter changes between bonded rapid and slow maxillary expansion procedures. *Eur J Orthod* 1998; 20: 255-261.
42. Berlocher WC, Mueller BH, Tinanoff N. The effect of maxillary palatal expansion on the primary dental arch circumference. *Pediatr Dent* 1980; 2: 27-30.
43. O'Higgins EA, Lee RT. How much space is created from expansion or premolar extraction. *J Orthod* 2000; 27: 11-13.
44. Showfety KI, Baker IM. Canine and incisor movement effects on anterior arch circumference. *Eur J Orthod* 1985; 7: 256-259.
45. Tuverson DL. Anterior interocclusal relations Part I. *Am J Orthod* 1980; 78(4): 361-370.
46. Hussels W, Nanda R. Effect of maxillary incisor angulation and inclination on arch length. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987; 91(3): 233-239.
47. BeGole EA, Lyew RC. A new method for analyzing change in dental arch form. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998; 113(4): 394-341.
48. Mutinelli S, Cozzani M, Manfredi M, Siciliani G. Dental arch analysis system. *Prog Orthod* 2004; 5(2): 200-211.
49. Strang R. The fallacy of denture expansion. *Angle Orthod* 1949; 19: 12-17.
50. McCauley DR. The cuspid and its function in retention. *Am J Orthod* 1944; 30: 196-205.
51. Reidel RA. A review of the retention problem. *Angle Orthod* 1960; 30: 179-199.
52. Graber TM. Serial extraction: A continuous diagnostic and decisional process. *Am J Orthod* 1971; 60: 541-575.
53. Bishara SE, Chadha JM, Potter RB. Stability of intercanine width, overbite and overjet correction. *Am J Orthod* 1973; 63(6): 588-595.
54. Shapiro PA. Mandibular dental arch form and dimension. Treatment and postretention changes. *Am J Orthod* 1974; 66: 58-70.
55. Gardner SD, Chaconas SJ. Posttreatment and postretention changes following orthodontic therapy. *Angle Orthod* 1976; 46(2): 151-161.
56. Sondhi A, Cleall JF, BeGole EA. Dimensional changes in the dental arches of orthodontically treated cases. *Am J Orthod* 1980; 77(1): 60-74.
57. Proffit WR, Epker BN. Treatment planning for dentofacial deformities. En: Bell W, Proffit R, eds. *Surgical corrections of dentofacial deformities*. Philadelphia: WB Saunders; 1980: 167.
58. Baydas B, Yavuz I, Atasarl N, Ceylan T, Dagsuyu I. Investigation of the changes in the positions of upper and lower incisors, overjet, overbite, and irregularity index in subjects with different depths of curve of Spee. *Angle Orthod* 2004; 74(3): 349-455.