



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Estudio de simulación de la flexibilidad mandibular

José M^a Batista Llamas



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial – SenseObraDerivada 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial – SinObraDerivada 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 4.0. Spain License.**



UNIVERSITAT DE BARCELONA



UNIVERSIDAD DE BARCELONA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

TÉCNICAS CLÍNICAS EN ODONTOESTOMATOLOGÍA

DPTO. ODONTOESTOMATOLOGÍA

Estudio de simulación de la flexibilidad mandibular.

Tesis doctoral que presenta:

JOSÉ M^a BATISTA LLAMAS

para la obtención del título de Doctor en Odontología.

Barcelona

2003



UNIVERSITAT DE BARCELONA



Centre de Recursos per a l'Aprenentatge
i la Investigació

Biblioteca de Bellvitge

A mis padres por su tesón y apoyo incondicional.

A Nuria por su paciencia y su tiempo.

ÍNDICE

1. Introducción	6
1.1. Planteamiento del problema	8
1.2. Hipótesis de trabajo	11
1.3. Objetivo	12
1.4. Mandíbula	13
1.4.1. Biomecánica mandibular	14
1.5. Hioides	21
1.6. Métodos de estudio biomecánico, los modelos de simulación.	25
1.6.1. El método fotoelástico	27
1.6.2. La extensiometría	34
1.6.3. El método de elementos finitos	39
2. Material y Métodos	46
2.1. Construcción del modelo de simulación experimental	46
2.2. Método de obtención de registros	54
2.3. Método estadística	57
3. Resultados	60
4. Discusión	82
5. Conclusiones	108
6. Bibliografía	112
7. Anexos	120
7.1. Anexo I – Gráficas de la mandíbula 1	122
7.2. Anexo II – Gráficas de la mandíbula 2	132

7.3. Anexo III – Gráficas de la mandíbula 3	142
7.4. Anexo IV – Valores promedio de la mandíbula 1	152
7.5. Anexo V – Valores promedio de la mandíbula 2	158
7.6. Anexo VI – Valores promedio de la mandíbula 3	164

1. Introducción

1. Introducción

La terapéutica del totalmente desdentado clásicamente recibe la ayuda de la confección de prótesis totales removibles. Aspectos tales como el soporte, la estabilidad y la retención llegan a significar un reto constante en la obtención de la satisfacción psíquica, el confort fisiológico y el mantenimiento de la salud de los tejidos bucales ^(1, 2, 3).

La técnica de impresiones en un maxilar superior totalmente edéntulo permite, dadas las características de registro de la superficie mucosa, la consecución de un adecuado sellado periférico en pacientes sin una gran reabsorción ósea, además de la aplicación de principios físicos que favorecen la retención de las bases protésicas ⁽⁴⁾.

Sin embargo, en el maxilar inferior la interferencia funcional de la lengua supone un mayor control neuromuscular del paciente en la estabilidad de una prótesis. Ello supone una adecuada coordinación, muchas veces aprendida, de la musculatura bucal. Esta situación ha llevado a la utilización de elementos implantados en el hueso mandibular que supongan una retención efectiva de dichas prótesis ^(5, 6).

Hasta ahora, el diseño protésico se ha basado en el registro de la anatomía edéntula y la no interferencia con la actividad muscular. A pesar de ello, la

problemática originada por esta interacción paciente-profesional siempre ha venido expresada por un concepto de mala adaptación protésica ⁽⁷⁾.

Pocas veces se atiende a los aspectos biomecánicos que supone el soporte conferido por un hueso largo y suspendido, como es el hueso mandibular ^(8, 9, 10, 11). La biodinámica ^(12, 13, 14) y las características del hueso mandibular han sido estudiadas en busca de la interrelación que presentan los elementos que constituyen el sistema estomatognático.

Para llevar a cabo el estudio de la mandíbula sometida a las fuerzas propias de la masticación, hemos de ser capaces de obtener un modelo apto para el análisis. Se deberá llegar a un compromiso entre la reproducción fiel de la realidad tridimensional que representa y la posibilidad de simular las propiedades que de él se quieren estudiar. Este modelo ha de permitir la obtención de un escenario análogo y resultados equivalentes.

1.1. Planteamiento del problema

En la aplicación de terapéuticas protésicas, el éxito del tratamiento no está garantizado. En muchas ocasiones, las causas de fracaso de las prótesis se asocian a diseños incorrectos de las mismas, a las propiedades inherentes de los materiales con los que se realizan, a la posición en que se ubican los implantes, problemas de osteointegración, etc.

Aspectos como el estado general del paciente o la existencia de hábitos tóxicos como el tabaco⁽¹⁵⁾ han sido propuestos como factores que comprometen la consecución y el mantenimiento de la oseointegración.

Goodacre y cols. ⁽¹⁶⁾ analizan las complicaciones clínicas de los implantes oseointegrados observadas en la literatura. Apuntan una pérdida del 9,8% de los implantes con prótesis completa fija maxilar (2,7% en mandíbula), el 21,3% de los implantes cuando la prótesis son sobredentaduras de maxilar superior, un 5% cuando son sobredentaduras inferiores, un 6,6% cuando son prótesis parciales fijas del maxilar (6,2% en mandíbula) y un 2,7% en reemplazos unitarios. Referente al tiempo en el que tiene lugar las pérdidas aprecian que el 51,6% se reportan antes de instaurado el tratamiento protésico y un 48,4% después de él.

Una de las localizaciones en la que puntualmente se pierde un implante, en casos en los que se implantan varios, suele ser la zona edéntula correspondiente a la localización de premolares inferiores del paciente totalmente edéntulo, quizás con mayor frecuencia que las zonas edéntulas molares.

Sin embargo, no reparamos en que la base sobre la que se colocan los implantes y las prótesis son los huesos maxilares. Por ello, es conveniente reflexionar si podemos encontrar la primera causa del fallo terapéutico en un escaso conocimiento de la biodinámica de estos huesos y de la musculatura que influyen en su dinámica. Consideramos que resulta interesante estudiar en profundidad la fisiología de estas estructuras para localizar las zonas que soportan mayores tensiones en su funcionamiento habitual.

La literatura propone la realización de prótesis "ad modum" Branemark teniendo en cuenta la flexibilidad mandibular. Las construcciones protésicas que permitan la flexión de la mandíbula han de permitir individualizar sectores funcionales de la arcada en la distribución de cargas masticatorias.

Encontramos que hay pocos trabajos que estudien la biomecánica mandibular de cargas de la función masticatoria. Sobre todo cuando ésta no está sometida a fuerzas masticatorias, o cuando solamente se somete a las fuerzas musculares propias del resto de funciones del aparato masticatorio. Las fuerzas puramente

musculares originadas por otras funciones mandibulares como puede ser la fonación, o la deglución, que actúan repetidamente sobre la mandíbula podrían tener su repercusión en la biomecánica de dicho hueso.

1.2. Hipótesis de trabajo

La cuestión principal que motiva nuestra tesis se centra en averiguar si la flexibilidad mandibular es adecuadamente reproducible en sus movimientos habituales. Nos planteamos que puede existir algún tipo de procedimiento por el cual la evaluación clínica de la oseointegración pueda ser mejor comprendida.

Por ello proponemos recurrir a modelos de simulación que nos permitan dilucidar nuestra inquietud. De tal forma que nuestra hipótesis plantea que las condiciones biomecánicas mandibulares originadas por la activación o contracción de la musculatura suprahióidea se pueden reproducir mediante modelos de simulación fiables.

Y por tanto nuestro objetivo será el presentado en el siguiente apartado.

1.3. Objetivo

Diseñar un modelo de simulación que permita estudiar la biomecánica mandibular del paciente totalmente edéntulo ante la actuación de fuerzas musculares de apertura bucal (musculatura suprahioidea). Es decir, deseamos estudiar la biomecánica de las funciones del aparato masticatorio en las que se activa la musculatura suprahioidea.

Con esta referencia a la anatomía sobre los elementos objeto de análisis, deseamos iniciar la descripción de la ubicación de la zona del cuerpo a estudiar.

1.4. Mandíbula

El maxilar inferior o mandíbula es un hueso impar del cráneo que forma por sí solo el macizo facial inferior. Podemos distinguir en él un cuerpo y dos ramas. Junto con el hueso hioides forma el esqueleto del suelo de la boca.

En la osificación, el maxilar inferior está precedido en su formación, a cada lado de la línea media, por un tallo cartilaginoso, el cartílago de Meckel, que posteriormente desaparecerá y originará una diartrosis. El punto de osificación principal se desarrolla en el tejido conjuntivo, en la cara externa del cartílago de Meckel. Después se forman otros puntos de osificación: un centro mentoniano para la sínfisis del mentón y otros dos puntos distintos para el cóndilo y la apófisis coronoides.

El maxilar inferior está conectado por estructuras blandas a los dos temporales y al hueso hioides. Sus ejes están localizados a nivel de la articulación temporo-mandibular. Por todo ello, es el único hueso de la cabeza capaz de realizar amplios movimientos.

El cuerpo mandibular es una robusta lámina ósea en forma de arco, cóncava en dirección dorsal⁽¹⁷⁾. Su forma y crecimiento se debe a la evolución de los dientes y a los músculos que en él se insertan.

En el nacimiento, la mandíbula es poco alta. El ángulo que forma la rama y el cuerpo es muy obtuso (150° a 160°). En el niño, después de la primera dentición, éste ángulo es de 140° y baja a los 130° en el adulto. En el Orangután llega a ser de 100° .

La potencia de los músculos masticadores moldea la mandíbula y determina su forma. Cuanto más potentes son estos músculos, más gruesa y alta es la mandíbula.

La robustez de los músculos genihioides y genioglosos establece la existencia de fosas para su inserción en el hioides y de las apófisis geni en la cara interna del maxilar inferior. A su vez, la robustez del músculo temporal determina una apófisis coronoides gruesa, ancha y poco alta, que no sobrepasa el cóndilo, y la escotadura sigmoidea es poco profunda, tal como sucedía en el hombre primitivo. El masetero da origen a las tuberosidades y en algunos casos a un relieve óseo a nivel del gónion, llamado processus de Sandifort, que recuerda la apófisis lemuriana de ciertos monos ⁽¹⁷⁾.

1.4.1. Biomecánica mandibular

La biomecánica ⁽¹⁸⁾ somete estructuras vivas a las leyes de la mecánica, aproximándose a la biología desde un punto de vista funcional y aplicando sobre

los organismos vivos los principios de diseño implementados en ingeniería. Caputo y Standlee ⁽⁸⁾ afirman que la mandíbula, como hueso largo que es, además de los criterios biológicos, también recoge criterios biofísicos de elasticidad que serán comprometidos por el concepto de oseointegración.

La mandíbula es un hueso controvertido puesto que debe soportar fuerzas muy altas en una infinidad de posiciones, las cuales transmitirá a la base de cráneo a través de su articulación temporomandibular y de la oclusión dentaria ^(10, 19, 20,21,22).

En criterio de Caputo ⁽⁸⁾, el esqueleto humano y la mandíbula han evolucionado en respuesta a la posición erecta y a su condición omnívora, de forma que durante la masticación deben aplicarse una gran variedad de fuerzas.

Además en un estudio previo Tallgren ⁽⁵⁾ había encontrado un aumento de la actividad muscular a nivel de los músculos digástricos después de un año de que los pacientes fuesen desdentados totales, al considerar la posición de reposo mandibular.

Caputo ⁽⁸⁾ reconoce que los momentos de oclusión dentaria durante la masticación llegan a ser de 100 mseg. y mayores durante la deglución, lo cual supone un contacto de 15 a 30 minutos durante el día. Sin embargo durante los hábitos parafuncionales, como el bruxismo, los dientes, el ligamento periodontal,

el hueso alveolar y las inserciones musculares sufren una carga de hasta 11 N durante varias horas al día, lo cual puede llegar a crear cambios degenerativos.

Durante los movimientos mandibulares de apertura y cierre no es necesaria más fuerza muscular que aquella que permite desplazar el peso de la mandíbula, y solamente se pueden generar fuerzas máximas de oclusión en una posición céntrica de máxima intercuspidación. Además su constitución permite distinguir hueso cortical que es reforzado por áreas de estrés o tensión repetida: en la inserción de los maseteros, del pterigoideo interno, del temporal y de los músculos digástricos, que son fácilmente identificables en los especímenes óseos.

Las mandíbulas sometidas a constantes y severas tensiones también reaccionan con la aposición lingual de hueso y la formación de torus óseos⁽⁸⁾. La mandíbula actúa como una barra curvada y móvil que se aplica contra el cráneo fijo superior, como si de un fémur se tratase, pero modificado para funcionar resistiendo las fuerzas bucales. En su adaptación, las trabéculas internas óseas forman arcos distribuidos entre el hueso alveolar y el cortical.

Se ha descrito a la mandíbula como un sistema de palancas, pares de fuerzas, y vigas establecidas, considerándola biomecánicamente como una palanca de clase III en la que la analogía lleva a considerar el cóndilo articular como el punto de fulcro, la fuerza combinada de los músculos elevadores como la fuerza

aplicada y la fuerza de mordida como la resistencia ^(8, 23). Este tipo de palanca requiere que la fuerza masticatoria, o resistencia, sea inferior a la fuerza muscular aplicada para conseguir un equilibrio ⁽⁸⁾. Cuanto más anteriormente se mueva la mandíbula, mayor fuerza muscular necesitaremos para mantener el equilibrio o para realizar un trabajo ⁽²⁴⁾.

Cuando apreciamos esta condición en el plano frontal, la mandíbula se comporta como una viga soportada por seis vectores resultantes que se corresponden con las fuerzas musculares resultantes de ambos lados, externamente la reacción de soporte de los cóndilos, e internamente la resistencia masticatoria o resistencia oclusal ⁽⁸⁾. Ahora bien, cuando el paciente muerde por un solo lado, los puntos a considerar son 5 puesto que está ausente el bolo del lado contrario, pero no así el contacto condilar del lado de no-trabajo.

Para apreciar totalmente la carga debemos considerar la mandíbula tridimensionalmente y en ese momento la dirección de la resistencia condilar es casi paralela a la fuerza de mordida o a las fuerzas aplicadas sobre los músculos elevadores. Los cóndilos y los discos articulares están aplicados contra la eminencia anterior de la cavidad glenoidea durante el cierre bilateral lo cual resulta en unas fuerzas musculares moderadas y casi simétricas ^(14, 25). Cuando la fuerza oclusal está en posición canina, las fuerzas musculares resultantes son de menor intensidad que cuando la fuerza oclusal se aplica en función de grupo ⁽¹⁴⁾.

El módulo de elasticidad y los valores de fuerza se dan como una ratio para el hueso compacto.

Una carga aplicada en cualquier dirección puede descomponerse en componentes horizontales y verticales y los efectos de cada componente ser calculados por separado. Las mediciones de la fuerza masticatoria, en sujetos sanos con buena dentición revelan una fuerza máxima en la región molar de 300 a 500 N ⁽²⁶⁾ pero con una gran variación individual.

Al igual que en otras estructuras óseas se han descrito deformaciones mandibulares tales como:

- torsión sinfisaria causada por torsión medial y lateral del cuerpo mandibular.
- cizallamiento sinfisario por cizallamiento dorsoventral y anteroposterior.
- torsión sinfisaria asociada con torsión del cuerpo mandibular entre sus ejes longitudinales.

A pesar de que existen muchos músculos involucrados, se cree que el generador de este tipo de deformación es el músculo pterigoideo lateral ⁽²⁷⁾.

Hylander ⁽²²⁾ determinó la flexibilidad utilizando galgas extensiométricas en mandíbulas de primates. Demostró la importancia de la sección sinfisaria para resistir a estos desplazamientos, al igual que la forma de la mandíbula en esta región para adaptarse a las máximas fuerzas masticatorias. También apunta que parece existir una fuerte correlación entre las fuerzas y los momentos de tensión generados diariamente y la masa ósea de la región craneofacial. A pesar de ello es necesario el estudio in vivo, ya que no se pueden inferir patrones de fuerza con el único análisis de la morfología ósea.

Por otra parte se plantea la pregunta ⁽²²⁾: ¿por qué las zonas óseas del cráneo de los primates que no sufren estrés no se han adelgazado?. Aunque asume que las zonas óseas de mayor estrés están relacionadas con las cargas masticatorias, también suscita la duda por el hecho de que los huesos faciales deben adaptarse estructuralmente a las infrecuentes cargas traumáticas no masticatorias.

Cuando se valora la constitución trabecular de la mandíbula, Rice y cols. ⁽²⁶⁾ consideran que un incremento en la flexión da como resultado una tensión al hueso trabecular que lo induce a crear trabéculas cruzadas que se opongan a esa flexión e incrementar la dureza a la compresión del hueso subcondral. Ese aumento o gradiente de dureza da lugar a que se generen fuerzas de cizallamiento.

Por este motivo Hatcher y cols. ⁽²⁸⁾ consideran que, cuando la mandíbula tiene que soportar la misma cantidad de fuerza, tiende a reforzar su cortical basilar, aunque las distancias entre la aplicación de la fuerza y el punto de fulcro que generan los cóndilos sea menor. La mandíbula al ser considerado un hueso largo tendrá su mayor dureza a lo largo de su eje ⁽²⁹⁾.

La estructura cortical del hueso se considera anisótropa, es decir, ofrece distintas propiedades cuando se examina o ensaya en direcciones diferentes. Es isotrópico si son iguales en las tres direcciones, de lo contrario es ortotrópico, o transversalmente isotrópico si lo es en dos de las tres direcciones. El hueso trabecular es anisótropo, no homogéneo. Ello ha motivado que, mediante métodos de elementos finitos, se calculasen construcciones en los que se tuvieran en cuenta las propiedades de hueso cortical y trabecular en función de: la densidad ósea, diferentes módulos de elasticidad y diferentes fuerzas compresivas. Para ser comparados posteriormente con simulaciones de fractura a 450N, pudiendo variar la geometría externa y la densidad interna, pero dejando uno de estos factores constantes ⁽²⁶⁾.

En 1869 se postuló la ley de Wolf ⁽²⁹⁾. Con esta ley se demuestra que la arquitectura ósea se ve influenciada por la orientación principal de las fuerzas, y que el hueso cortical y trabecular son esencialmente el mismo material pero diferentes en su porosidad. Desde entonces se han propuesto distintas teorías sobre la remodelación ósea.

1.5. Hioides

El hioides es un hueso móvil impar y medio incluido en el espesor de la musculatura de la región anterior del cuello y cerca del borde inferior de la mandíbula, pero en un plano posterior a la misma. En su desarrollo deriva del segundo y tercer arco braquial ^(17, 30, 31).

Está constituido por una porción media o cuerpo del cual se desprenden cuatro prolongaciones, las astas menores o estiloideas y las astas mayores o tiroideas, que en conjunto adoptan una forma de V con la concavidad dirigida hacia atrás.

El cuerpo es una lámina rectangular situada en la línea media. El borde craneal es más agudo que el caudal. En la parte craneal se origina el músculo hiogloso; mientras que en la caudal se inserta el tirohioideo y la membrana tiroidea. Entre ambos se origina el constrictor medio de la faringe.

En el vértice de las astas menores se inserta el ligamento estilohioides.

Orts Llorca ⁽¹⁷⁾ considera que la mandíbula está sostenida por dos lazadas musculares. Una de ellas está formada por el pterigoideo medial, el masetero y el temporal, excepto sus fibras posteriores horizontales, completada por los músculos suprahioides, milohioides, vientre anterior del digástrico y

genihioideo. Los primeros elevan la mandíbula, mientras que los segundos la deprimen.

La segunda lazada está formada por el pterigoideo lateral, y las fibras posteriores horizontales del temporal, que generan fuerzas antagónicas que se cruzan en el centro de la escotadura sigmoidea.

En condiciones normales, en el descenso de la mandíbula se contraen simultáneamente los músculos suprahioides y el pterigoideo lateral.

La apertura bucal, está encomendada a los músculos depresores insertados en la mandíbula y el hueso hioides, además del músculo pterigoideo lateral, el cual se inserta en las apófisis pterigoides y en el cuello de cóndilo mandibular.

Respecto a los músculos suprahioides destaca la acción del milohioideo que eleva el hueso hioides, arrastrando a su vez, la faringe hacia arriba, y levanta la lengua contra la bóveda palatina, lo cual es muy importante en los movimientos de deglución. Si el hioides está fijo, entonces desciende la mandíbula y abre la boca.

La acción del músculo genihioideo es similar. Si el hioides está fijo por la musculatura infrahioides, entonces abrirá la boca. Si la boca está cerrada, llevará el hioides hacia delante y arriba, como ocurre en la deglución.

El músculo digástrico es el resultado de la fusión de dos músculos: el digástrico anterior y el digástrico posterior, que se inserta en la apófisis mastoides. La acción del músculo digástrico posterior es llevar el hioides hacia atrás y arriba. Si la mandíbula está en oclusión, entonces el vientre anterior lleva al hioides hacia arriba y adelante. La contracción de ambos digástricos lleva directamente a este hueso hacia arriba. Son músculos muy importantes de la deglución. La deglución ocurre varios cientos de veces a lo largo del día, pero el tiempo total de contacto dentario asociado a la misma es de pocos minutos al día ⁽³²⁾.

La masticación prepara los alimentos para su deglución. Para ello los dientes de la arcada superior maxilar y los dientes de la arcada inferior mandibular deben estar en oclusión, es decir, en contacto. Ese contacto es obtenido por los músculos de cierre mandibular.

Zarb y Mohl ⁽³²⁾ afirman que la deglución de un bolo consistente, no sólo requiere la estabilización de la lengua contra el paladar, sino también una estabilización de la mandíbula. Esto es importante para la acción de los músculos suprahioides que deberán elevar el hueso hioides. Cuando el paciente es edéntulo total, la estabilización mandibular debe contar, incluso, con los músculos de la mímica.

Respecto a la fonación no es difícil imaginar que la producción de fonemas precisa de la participación de la lengua y la articulación de estructuras dentarias para dar paso al flujo de aire que conforma los mismos. Ello implica movimientos mandibulares de protrusión, levantamiento y bajada mandibular.

1.6. Métodos de estudio biomecánico, los modelos de simulación.

Caputo ⁽⁸⁾ afirma que analizar estructuras o diseños requiere conocer los materiales con que se fabrican, las propiedades mecánicas de los mismos y las fuerzas a las que están sometidos. Estos conocimientos permitirán predecir lo que ocurrirá en la clínica con las modalidades restauradoras y conseguirán directrices de utilización.

De forma genérica, las técnicas utilizadas en el estudio de estructuras se clasifican en: teóricas y experimentales. Las primeras se basan en leyes físicas y se apoyan en métodos matemáticos. Persiguen analizar la estructura objeto de estudio y su entorno para poder llegar a formular las ecuaciones que la gobiernan. El método de elementos finitos es un ejemplo de este tipo de técnicas.

En segundo lugar tenemos las técnicas experimentales, que realizan modelos duplicados de la estructura objeto de estudio o bien utilizan la propia estructura. En este caso, el ingenio es muy importante para preparar modelos y encontrar métodos adecuados que conduzcan a resultados relevantes.

La fotoelasticidad es un método experimental que permite efectuar análisis cualitativos de una estructura. Esta técnica requiere el duplicado de la estructura original en material fotoelástico. De este modo, sometiendo el modelo a luz

polarizada bajo la influencia de fuerzas externas, se determina dónde y cómo se reparten las tensiones generadas en la estructura. A diferencia con los métodos teóricos de análisis, la fotoelasticidad no se ve limitada por la geometría de la estructura estudiada ni por la complejidad de las cargas aplicadas. Con geometrías complicadas, las técnicas teóricas se convierten en muy dificultosas.

Los resultados cualitativos obtenidos con el método fotoelástico pueden completarse con técnicas de extensimetría para lograr resultados cuantitativos.

La extensimetría es un método empleado fundamentalmente para poder cuantificar la tensión que genera una fuerza en un punto de la superficie de una estructura. Utiliza unos elementos denominados galgas extensiométricas y precisa de un soporte informático para efectuar las medidas y analizar los resultados obtenidos.

Para la obtención de un modelo apto para analizarlo experimentalmente se deberá llegar a un compromiso entre la reproducción fiel de la realidad que representa y la posibilidad de simular las propiedades que de él se quieren estudiar.

1.6.1. El método fotoelástico ⁽³³⁾

El comportamiento óptico de un material se caracteriza mediante un parámetro denominado índice de refracción, que es la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio.

En 1813, Seebeck descubrió que un cuerpo transparente e isotrópico se convierte en birrefringente al ser sometido a tensiones o deformaciones. También observó que este fenómeno cesa al cesar la acción de las tensiones, por este motivo se habla de birrefringencia accidental.

Al hablar de fotoelasticidad nos estaremos refiriendo a la propiedad que presentan determinadas sustancias de convertirse en birrefringentes bajo la influencia de fuerzas externas. Es decir, existen materiales con la propiedad de ser isotrópicos cuando no reciben tensiones, y anisótropos cuando se someten a cargas. Los materiales fotoelásticos modifican sus propiedades ópticas cuando se deforman, creando en ellos un campo de tensiones, y recuperan sus propiedades iniciales cuando cesen las deformaciones, esto es lo que comúnmente se denomina estado tensional. El análisis de éstas tensiones permite obtener las tensiones internas de la estructura sujeta a determinadas cargas.

Así pues, si una lámina de material fotoelástico, plana, de poco espesor, homogénea y transparente, es sometida a fuerzas exteriores, las deformaciones que aparecen en la estructura del material provocarán variaciones en los índices de refracción. A deformaciones iguales deben corresponder índices de refracción iguales. Cuando un rayo de luz polarizada atraviese perpendicularmente la lámina, éste se descompondrá en dos rayos: ordinario y extraordinario, correspondiendo con las direcciones principales de las tensiones en un punto considerado (doble refracción).

Como consecuencia del fenómeno de la doble refracción, el método fotoelástico genera patrones cromáticos de las tensiones en el material si es observado a través de un haz de luz polarizada, dando una idea de las distribuciones internas de las mismas. Las diferentes frecuencias y/o longitudes de onda de las ondas luminosas, serán percibidas por el ojo humano en una gama distinta de colores.

La técnica de la fotoelasticidad se basa en la realización de un modelo en material fotoelástico, que equivalga a la estructura a analizar para someterlo a cargas que simulen fuerzas funcionales. Las tensiones creadas en el modelo, como resultado de las cargas aplicadas, podrán ser visualizadas y estudiadas a través de filtros polarizados. Esta técnica permite determinar las tensiones en modelos de complicada anatomía, permitiendo observar las tensiones en el conjunto del modelo, facilitando la localización de las mayores concentraciones de fuerzas y la determinación de su magnitud.

Habitualmente, para la construcción de los modelos se emplean resinas a base de epoxy, uretano o policarbonato con características refringentes.

En el caso de tensiones planas, la distribución de tensiones, según la ecuación de Beltrami-Mitchell, depende del coeficiente de Poisson pero no del módulo de elasticidad del material. En el caso de que se pudiera prescindir del volumen, la distribución de tensiones también sería independiente del coeficiente de Poisson. Esto permite afirmar que para hacer un estudio tensional de materiales no transparentes, se puede realizar en material fotoelástico una reproducción de la pieza original pese a la diferencia de las constantes elásticas de ambos materiales.

Para determinar la diferencia tensional ($\sigma_1 - \sigma_2$) deberemos determinar

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{N \cdot f\sigma}{h}$$

donde:

N es el orden de franja y se calculará usando un polariscopio.

f σ es el valor de franja del material, constante para cada longitud de onda⁽¹⁵⁾.

h es el espesor del material.

Para llevar a cabo experimentos fotoelásticos, se precisa de un polariscopio. Su elemento principal son los filtros polarizadores, que descomponen la onda de luz en dos componentes perpendiculares entre sí: una será absorbida; mientras que la otra se transmitirá. Al mismo tiempo y con ayuda de una lámina de onda birrefringente, se descompondrá la onda luminosa en dos componentes ortogonales transmitiéndose a velocidades diferentes.

Cuando la luz atraviesa ambos filtros, polarizador y lámina de onda en la misma dirección, estamos ante una polarización plana, y si la lámina birrefringente se encuentra a 45° , entonces solamente pasarán las ondas de luz desfasadas en 90° .

Los polariscopios planos se componen de dos polarizadores. Cada uno deja pasar luz polarizada solamente en la dirección paralela a su eje. De este modo, en el material aparecerán dibujadas unas franjas isoclinas, relacionadas con la intensidad de la carga y unas franjas isocromáticas, que determinan la dirección de la carga.

Trabajar con dos polariscopios y dos láminas de onda permite separar las bandas isoclinas de las isocromáticas.

Cuando se trabaja en campo oscuro, esto es, con los dos polarizadores perpendiculares entre sí, se obtienen únicamente las franjas isocromáticas. El grupo de franjas oscuras observadas recibe el nombre de isoclinas que son siempre negras y se superponen a las isocromáticas.

Las isoclinas permiten encontrar las direcciones principales de las tensiones en cada punto del modelo ya que la obtención de un negro en dicho punto significa que las tensiones principales en él tienen direcciones paralelas a los ejes del polarizador y analizador del polariscopio.

Las isocromas se relacionan con la intensidad de la diferencia existente entre las tensiones principales. Crecen en número al aumentar la intensidad de la fuerza aplicada. Además, cuanto más próximas aparezcan entre sí las isocromáticas, mayor será la concentración de tensiones.

El análisis de los distintos colores en que aparecen dibujadas las franjas, permite determinar el nivel de la diferencia de tensiones en cada punto del material, es decir, cada franja representa un valor constante.

Los colores se van repitiendo en ciclo y, a medida que el orden de franja (N) aumenta, se pierden dos o más colores, ya que son más difíciles de distinguir.



Fig. 1. Órdenes de franja N de isocromáticas en un polariscopio circular en campo oscuro y fuente de luz blanca.

Cuando se trabaja con luz blanca, las líneas de color se hacen indistintas más allá del quinto o sexto orden, mientras que trabajando con luz monocromática es posible identificar de doce a quince series de líneas de tensión. No obstante, se

tiende a trabajar con luz blanca debido a que los conjuntos de líneas proporcionados son menos confusos.

La secuencia de colores observados mediante fotoelasticidad con luz blanca en campo oscuro según su orden de franja es el presentado en la Tabla 1 ⁽³³⁾.

Color	N	Color	N	Color	N
Negro	0	Azul	1.06	Verde-Amarillo	2.50
Gris	0.28	Azul-Verde	1.20	Rosa	2.67
Blanco	0.45	Verde-Amarillo	1.38	Zona de transición 3	3
Amarillo	0.60	Naranja	1.62	Verde	3.10
Naranja	0.79	Rojo	1.81	Rosa	3.60
Rojo	0.90	Zona de transición 2	2	Zona de transición 4	4
Zona de transición 1	1	Verde	2.33	Verde	4.13

Tabla 1. Secuencia de color según orden de franja

Cuando se obtiene una franja negra, se decidirá que es una isocromática y no una isoclina cuando ésta no dependa de la posición relativa del analizador respecto al polarizador, es decir, siempre se observará negra para toda diferencia angular entre los filtros del polariscopio.

El uso del polariscopio circular permite aislar ambos tipos de franjas para realizar el estudio de las isocromas por separado y no en superposición con las isoclinas.

La técnica de revestimiento fotoelástico se ha ideado con la finalidad de evitar la construcción de modelos. En ella, la fuente de luz atraviesa sólo medio polariscopio hasta incidir en la resina fotoelástica, la cual reflejará esta luz que volverá a pasar por el polariscopio. La sensibilidad de un ensayo con revestimiento fotoelástico aumenta con el espesor de la lámina, y la máxima respuesta se obtendrá en los puntos de la pieza en que se alcance plastificación.

En general, en el interior de los modelos no será posible obtener el valor de las tensiones principales. Para ello, se recurrirá a técnicas denominadas de separación de tensiones, que hacen referencia a formulaciones matemáticas.

1.6.2. La extensimetría ⁽³⁴⁾

El análisis de tensiones en estructuras suele realizarse midiendo las deformaciones en la superficie de las mismas. Estas deformaciones pueden ser distancias muy pequeñas, del orden de las micras y para registrarlas se dispone de diversos métodos. Una de estas técnicas es la de las galgas extensiométricas, que son herramientas de gran precisión ya que pueden medir estiramientos de micras, aunque requiere de circuitería de amplificación de señales. No obstante, si lo que se persigue es medir distancias sin contacto con

el material, se puede recurrir a otros métodos como el del láser, pero resulta mucho menos económico que el método de las galgas.

Los extensiómetros que podemos encontrar ⁽³⁴⁾ para nuestro propósito podrían ser mecánicos, ópticos, acústicos o eléctricos. Sin embargo los más comunes son los eléctricos resistivos.

El método de la galga extensiométrica es el más común debido a que requieren poca preparación técnica y su constante de calibración es estable en tiempo. Su longitud y anchura puede ser muy pequeñas, con la intención de aproximarse a la medida de un punto. Además permite registros dinámicos y origina una respuesta que puede ser lineal a lo largo de su deformación. El material que mayormente se utiliza es el constatán (aleación de 45% Ni y 55% Cu, por presentar una sensibilidad lineal para un amplio rango de deformaciones, alta resistividad y estabilidad térmica.

Las galgas se utilizan para medir cargas, torsiones y presión ya que, un cable eléctrico sometido a carga y/o deformación varía su resistencia eléctrica. No obstante, la temperatura es uno de los factores que más afecta a las galgas, pudiendo variar dicho valor. Los distintos materiales con los que se fabrican los cables presentan distintas sensibilidades a la deformación. Los cambios en la resistencia eléctrica pueden medirse con precisión a través de un puente de Wheatstone.

Un puente Wheatstone está específicamente dedicado a la medición de resistencias y variables que hagan variar este parámetro. La mayor parte de los puentes de Wheatstone comerciales tienen exactitud de 0.1%, así los valores de resistencia obtenidos con el puente son mucho más exactos que los medidos por un ohmetro - voltímetro - amperímetro. Consta de 4 ramas resistivas y una rama central a través de la cual se mide la corriente del puente (Fig. 2).

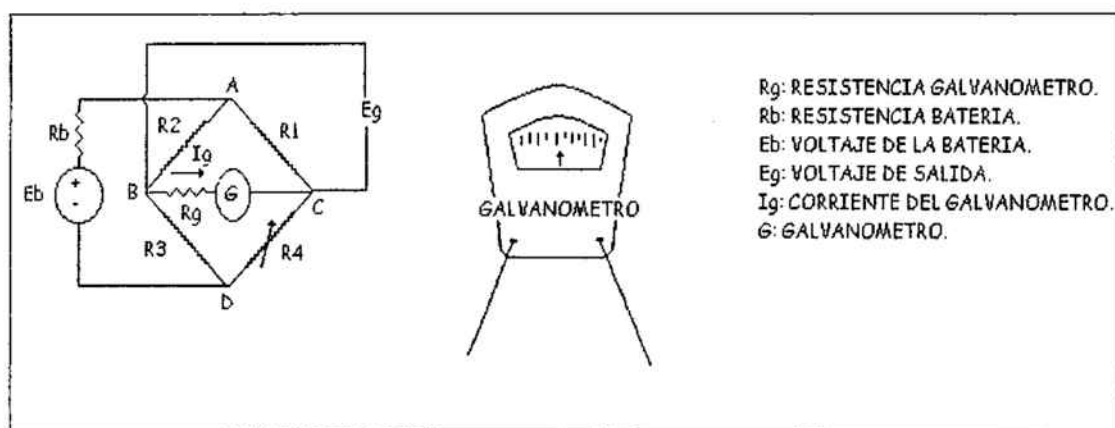


Fig. 2. Puente de Wheatstone

En el puente de Wheatstone existe una entrada de alimentación en dos puntos y una salida en los otros dos puntos. El puente se considerará equilibrado cuando la tensión sea nula, esto será cuando $R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$. Cuando varían las resistencias, la tensión también varía.

Las galgas constan de un hilo fino en forma de zigzag unido a una lámina de acetato de 0,015-0,030mm. Su resistencia óhmica es proporcional a su

alargamiento y al factor de galga, que depende de las propiedades físicas del material. Reaccionan tanto a las deformaciones longitudinales como transversales.

Se aplican adhiriéndolas a la superficie de la estructura, en la dirección en que se desea medir. Cuando no se conoce la dirección de las tensiones, se utiliza una roseta de tres galgas, que normalmente están separadas por un ángulo de 45°. Cada galga medirá su deformación unitaria, y a partir de ahí se debe obtener una matriz de deformaciones que determine los autovalores y autovectores de la misma para hallar las deformaciones y direcciones principales respectivamente.

La galga adherida a la superficie objeto de estudio, se conecta con el dispositivo de medición según un circuito en puente, y las lecturas de corriente se toman de un galvanómetro. La galga constituirá una de las cuatro resistencias del puente.

$$\frac{R_1}{R_4} = \frac{R_2}{R_3}$$

La corriente que pasa por el galvanómetro es proporcional a la variación de la resistencia de la galga, y en consecuencia, a la deformación que se está midiendo. Es importante remarcar que lo interesante es la variación de resistencia que se produce en la galga más que el valor absoluto de la misma.

El valor de resistencia de la galga quedará definido cuando esté pegada a la estructura. Cualquier error de adhesión dará lugar a alteraciones en esa medición. Su sistema de montaje es crítico ⁽³⁴⁾ pero una vez montadas son operativas durante mucho tiempo. Se sitúan sobre la probeta por pegado, muy cuidadoso, con un adhesivo que mantenga el contacto sobre la superficie a medir, la cual habrá sido desengrasada y alisada convenientemente.

Normalmente, el valor resistivo con el que se fabrican las galgas está estandarizado a 120 Ω . Para minimizar el suministro de potencia y la generación de calor, las galgas se han acotado a 100 Ω .

Cuando hay que tomar medidas de varias galgas, se intercala entre éstas y el equipo de medida una caja de conmutación con tantos canales como galgas. Además presentan unos potenciómetros con los que se ajusta la lectura a cero.

Cuando una barra isótropa y de sección constante es traccionada, distribuirá su tensión a las distintas secciones rectas. El régimen elástico dependerá del módulo de elasticidad (E) y del coeficiente de Poisson del material (ν)

Un prisma mecánico está sometido a torsión cuando el momento en cualquier sección del mismo tiene solamente componente en la dirección del eje del prisma (no hay flexión ni cizallamiento). Para tener torsión pura deberíamos

tener una barra totalmente circular. Cuando el elemento no es cilíndrico, se considera que el estado de tensiones es el mismo y que la deformación en cualquier sección recta es un giro alrededor del centro, acompañado de un alabeo igual en todas las secciones.

Al colocar dos galgas inclinadas 45° sobre un tubo cerrado al que se le aplica torsión, una galga debería medir un acortamiento (signo negativo) y la otra un estiramiento (signo positivo). Por otra parte, las barras están más expuestas a tensiones de cizallamiento. El componente de compresión superior se opone a la tracción inferior.

Con las galgas se pueden realizar mediciones directas de la tensión y distorsión, de forma que su variación porcentual de resistencia es proporcional a la tensión según el eje de la galga

1.6.3. El método de los elementos finitos

El método de elementos finitos es una técnica teórica de análisis que simplifica el comportamiento de una estructura en una matriz algebraica. La resolución de dicha matriz se efectúa con programas informáticos. Esta técnica se utiliza principalmente en estudios bi-dimensionales; mientras que, en estudios tridimensionales se convierte en un método muy complejo.

Se debe intentar combinar las diversas técnicas de análisis entre sí para lograr un estudio completo de las estructuras. Tanto los métodos teóricos como los experimentales presentan limitaciones y carencias que se pueden solventar combinándolos entre ellos.

Caputo y Standlee ⁽⁸⁾ afirman que se encuentran limitados en la aplicación de los métodos de análisis de cargas a través de elementos finitos debido a la imposibilidad de considerar las condiciones del entorno del problema a estudiar.

A su vez, Lang y cols. ⁽³⁵⁾ pretenden demostrar que no existe metodología exenta de errores. En sus conclusiones proponen combinar varios métodos de análisis y aplicar un buen criterio al interpretar los resultados.

Llombart ⁽²³⁾ usa modelos matemáticos de simulación que consideran la mandíbula como formada por material lineal y elástico, que cumple la ley de Hooke y cuyo módulo de elasticidad o módulo de Young se considera constante (relación entre tensiones y deformaciones). De este modo valora la incidencia de prematuridades dentarias y su incidencia sobre los cóndilos mandibulares. Tras ello concluye que las interferencias oclusales provocan desplazamientos y fuerzas en los cóndilos; tal que se verán mayormente afectados cuanto mayor sea el desplazamiento posterior, unido a la vez a fuerzas de reacción en sentido contrario.

Sin embargo, Degling y Hylander ⁽³⁶⁾ apuntan que las diferencias que se observan en los modelos matemáticos llegan a ser entre tres y diez veces mayores que las observadas en vivo entre los registros alveolares y los basales. Esto no es real puesto que los grupos musculares, la acción de los cóndilos y los movimientos de torsión y torque generados hacen que las resultantes no sean tan diferentes. Y que cuando estos parámetros se aplican a los estudios de elementos finitos, los resultados se asemejen más a los encontrados in vivo.

Además consideran que no se puede realizar simulaciones de carga oclusal que limiten su efecto únicamente al alveolo, porque se transmiten al hueso basal. Por todo ello les gustaría poder comprobar in vivo los experimentos realizados con modelizaciones matemáticas.

De hecho, Mc Loughlin ⁽³⁷⁾ ha intentado validar sus resultados mediante la utilización de galgas extensiométricas que registraban valores de carga mandibular mediante una máquina Instron de presión para poder apreciar la correlación con modelos de elementos finitos. En las pruebas de concordancia no consiguió su propósito, mientras que obtenía concordancia cuando eliminaban los extremos de sus valores.

Ello les lleva a afirmar que se han mejorado las técnicas para el uso de elementos finitos, y que la modelización manual para poder reproducir

adecuadamente la geometría mandibular sin utilización de Tomografías Computerizadas supone el trabajo más tedioso de la investigación.

Cuando Akca y cols. ⁽³⁸⁾ comparan los métodos tridimensionales con la utilización de galgas extensiométricas en vivo. Las diferencias que encuentran son atribuidas a: una mala colocación y manipulación de las galgas, la influencia de los procedimientos clínicos que no pueden conformarse siempre de la misma manera, y la dificultad de aislar el componente principal de las fuerzas.

2. Material y Métodos

2. Material y Métodos

2.1. Construcción del modelo de simulación experimental

Nuestra experiencia consistió en duplicar una mandíbula totalmente edéntula, procedente del departamento de Anatomía de la Facultad de Odontología de Barcelona, para obtener un modelo de simulación. El primer paso fue crear un molde en negativo realizado con silicona Dublisisil-15 (Dreve-Dentamid GMBH, Unna. Alemania) en proporción 1 a 1. En segundo lugar, se empleó resina Araldite GY 250 ES (Vantico España S.L. Barcelona) para la duplicación mandibular. Ésta es una resina epóxica a base de bisfenol A, que se presenta en forma de líquido amarillo claro, cuyo pH aproximado es de 7, su densidad oscila entre 1,15 y 1,2gr/cm³ a 25°, y su viscosidad está entre 10.000 MPa y 12.000 MPa.



Fig. 3. Material epóxico

Para polimerizar la resina Araldite se utilizó un endurecedor a base de poliamina alifática y cicloalifática Hardener HY 2963 (Ciba-Geigy S.A. Barcelona). Éste se presenta en forma de líquido amarillo claro, tiene una densidad de 1gr/cm^3 a 25° , un pH aproximado de 11, y una viscosidad que varía entre 30 MPa y 70 MPa. (Fig. 3)

En la primera parte del experimento se observó, mediante técnica fotoelástica, las zonas de mayores tensiones cuando la mandíbula era acortada en su distancia intercondilar, o intergoniana. Para ello se usaron filtros polarizadores en campo oscuro (Vishay Measurements Group. Inc.). (Fig. 4)



Fig. 4. Tensiones observadas mediante fotoelasticidad

La mandíbula duplicada se colocó sobre un modelo de yeso clase IV, obtenido por vaciado de una impresión de silicona a una base de cráneo totalmente dentada. La falta de congruencia, debida a la distancia transversal entre cavidades glenoideas de la base de cráneo y la distancia intercondilar de la mandíbula, nos llevó a seguetear el modelo de yeso de la base de cráneo a

través de la línea media, y a conseguir la adecuada aposición de los cóndilos mandibulares a las cavidades glenoideas.

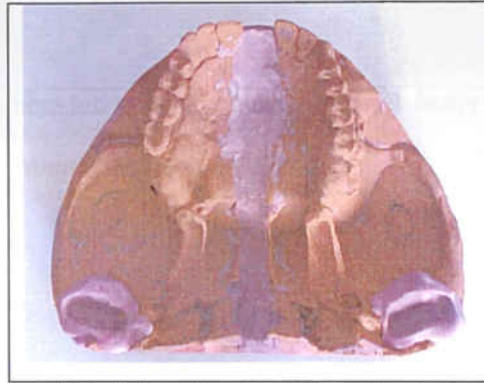


Fig. 5. Duplicado modificado, en yeso, de la base de cráneo

Con la finalidad de simular la existencia de menisco articular, se recubrieron los cóndilos con silicona putty Zeta-labor endurecida con Indurent Gel (Zhermack, Rovigo, Italia) que fue adaptada, mientras endurecía, a dichas cavidades glenoideas de la base de cráneo del modelo de yeso, intentando ubicar la mandíbula en una posición en la que las ramas horizontales mandibulares fuesen paralelas a la superficie oclusal del maxilar superior de yeso. (Fig. 5)

Una vez vulcanizada la silicona que representa al menisco articular, el único contacto de la mandíbula con el modelo de yeso-base de cráneo se producía a través de los cóndilos y dicha silicona. (Fig. 6)



Fig. 6. Relación condilar del modelo de simulación confeccionado

La base de cráneo se recortó de forma que pudiera ser apoyada en una mesa de trabajo, tal que su posición era invertida respecto a su situación en el cráneo.

Con el fin de mantener la mandíbula relacionada sobre la base de cráneo, se construyó una columna de yeso que incorporase un hilo de acero de 0,9 mm de \varnothing representando al hueso hioides, y colocado a una distancia de 2 cm. sobre la línea basilar mandibular, a nivel de la escotadura basilar de la mandíbula, imitando la posición real de dicho hueso (Fig. 6).

Las inserciones de los músculos se imitaron creando orificios de 0,4 mm a 0,6 mm de \varnothing por lo que se procedió a pasar hilo de acero de ligaduras de 0,3 mm, en el caso de los músculos suprahioides, y cordel fino, en el caso de los músculos de cierre mandibular, tal que imitasen la inserción real de los mismos, así como las direcciones de sus fibras musculares (Fig. 7)



Fig. 7. Simulación de las inserciones musculares mandibulares mediante ligaduras

De esta forma se procedió a ubicar agujeros en las apófisis geni inferiores para los músculos genihioides, dos agujeros en cada una de las fosas digástricas para los músculos digástricos anteriores, y dos agujeros a nivel de ambas líneas milohioideas mandibulares, unos anteriores y otros posteriores, para el músculo milohioideo.

Por cada uno de ellos se procedió a pasar el hilo de alambre de ligadura y dirigirlo hasta el arco metálico que representa al hueso hioides, imitando su dirección en el cráneo vivo.

Respecto a los músculos de cierre mandibular, se ubicaron los agujeros, a nivel del cóndilo mandibular para la inserción de los músculos pterigoideos laterales; a nivel de las apófisis coronoides para los músculos temporales; y a nivel del ángulo mandibular para imitar la inserción de los músculos maseteros y pterigoideos internos.

Con el fin de imitar la dirección de sus fibras musculares, se realizaron agujeros a la base de cráneo de yeso, a nivel de la pared externa de las apófisis pterigoides; de la fosa temporal por detrás del arco zigomático; del borde de dicho arco zigomático, y entre las dos alas de la apófisis pterigoides, respectivamente.

Las ligaduras metálicas dirigidas al "hioides" nos permitirían realizar la tracción de la mandíbula imitando la contracción muscular que ocurre cuando se contraen los músculos suprahioides, y los cordeles finos que imitan la inserción de los músculos de cierre nos permitirían constituir la resistencia que dichos músculos oponen a la apertura bucal, y que en nuestro caso deberían ser estables en su contracción, y por tanto fijar la posición de la mandíbula duplicada.

Los elementos de medida seleccionados fueron galgas extensiométricas del tipo FLA-2-11-1L, con un factor de galga de $2,13 \pm 1$, una resistencia de $119,8 \pm 0,5$, una sensibilidad transversal del 0,4%, y una longitud de 2 mm (Tokio Sokki Kenkyujo Co. Ltd, Japón)

Estas galgas se adhirieron a la superficie externa de la sínfisis mentoniana, y por delante de ambos agujeros mentonianos, de forma que en cada una de estas

localizaciones se colocó una galga en la mitad superior de la cara vestibular mandibular, y otra en la mitad inferior. (Fig. 8)

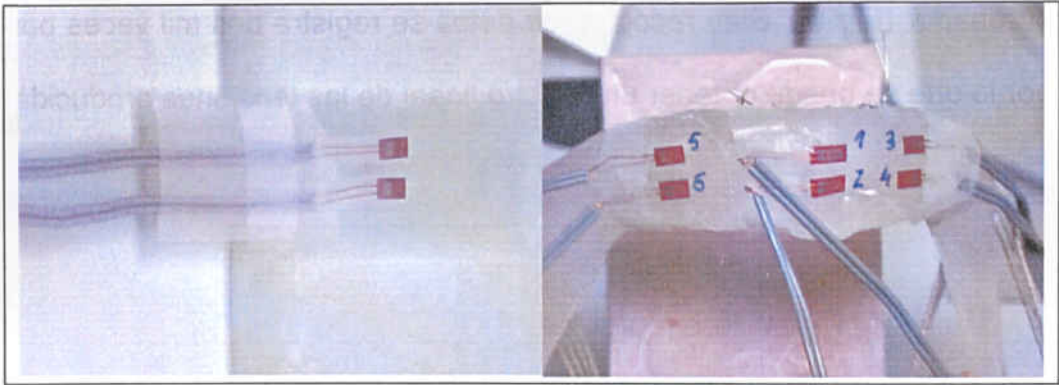


Fig. 8. Colocación de galgas extensiométricas

Con ello se obtuvieron seis puntos de registro de la tensión que generaría la contracción, o tracción de los músculos suprahioides.

No incluimos las galgas en el interior de la resina por dos motivos. El primero se debe a que, la reacción exotérmica que se produce cuando polimeriza la resina epóxica, podría alterar la resistividad de las galgas y deformarlas. Por otra parte tenemos la incertidumbre de conocer cuál es la dirección de las fuerzas para poder orientarlas adecuadamente.

Cada una de estas galgas fue numerada y se conectó a una caja conmutadora, original del Departamento de Resistencia de materiales de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Complutense de Madrid.

En ésta se encuentran los puentes de Wheaststone en montaje de medio puente y los potenciómetros que ajustan la lectura a cero. La información sobre la diferencia de resistencia que miden las galgas es tratada por un programa de ordenador (Fig. 9). Esta recogida de datos se registra dos mil veces por minuto, por lo que se puede obtener un registro lineal de las tensiones producidas.



Fig. 9. Potenciómetro conectado a un ordenador

La ubicación de las galgas se corresponde con la siguiente numeración:

1. Basilar de la sínfisis mentoniana
2. Cuerpo de la sínfisis mentoniana
3. Basilar anterior al agujero mentoniano derecho
4. Cuerpo mandibular anterior al agujero mentoniano derecho
5. Basilar anterior al agujero mentoniano izquierdo
6. Cuerpo mandibular anterior al agujero mentoniano izquierdo

2.2. Método de obtención de registros

Se colocó la base de cráneo con una mandíbula duplicada sobre una mesa de trabajo y se fijó mediante elementos de fijación lateral. (Fig. 10)



Fig. 10. Modelo de simulación fijado a la mesa de trabajo

Sobre la columna de fijación de la estructura hioides, se marcaron unos surcos que indicaban la dirección en la cual se traccionarían las ligaduras musculares correspondientes. Los surcos dibujados fueron tres: uno central para la tracción de las ligaduras que simulaban a los músculos genihioides y otros dos oblicuos, abiertos hacia atrás y afuera para la tracción de las ligaduras que simulaban a los vientres anteriores de los músculos digástricos. Estos músculos se dirigen, por su unión con los vientres digástricos posteriores a la apófisis mastoides. Al mismo tiempo sirven para ubicar la dirección de tracción de los músculos

milohioideos contralaterales en un intento de asemejar esta dirección al origen y modificaciones embrionarias que se han producido en dicho músculo. (Fig. 11)

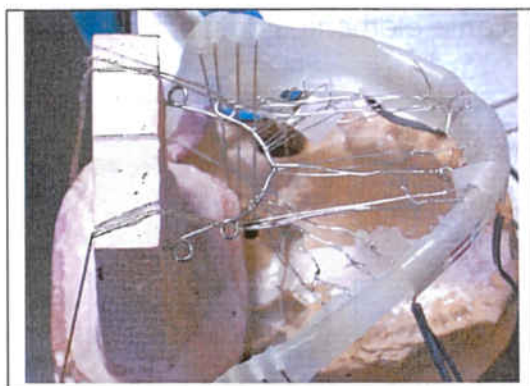


Fig. 11. Tracción sobre la mandíbula en la dirección de los músculos digástricos

Las tracciones musculares se realizaron y registraron de forma separada. Es decir, se traccionaron los dos músculos digástricos por separado con pesos de 5 N y se dejaron de traccionar 5 veces en cada registro. Este proceso se repitió con pesos de 10 y 15 N. Para los músculos genihioideos, milohioideo izquierdo y milohioideo derecho se procedió de la misma manera. De esta forma se generaron cuatro gráficas por cada una de las tres potencias de tracción y con registros de cada una de las seis galgas extensiométricas, un total de 72 gráficas.

Con la finalidad de poder validar este modelo de simulación, se duplicaron dos mandíbulas más (Fig. 12). Se pretendía encontrar concordancia entre las medidas obtenidas en las distintas mandíbulas, para lo que se aplicaron a la

misma base de cráneo de yeso, se fijaron de la misma forma, y se colocaron otras 6 galgas extensiométricas en las mismas localizaciones. De este modo obtuvimos, para cada una de las dos nuevas mandíbulas, el mismo número de gráficas que para el primer modelo.



Fig 12. Mandíbulas duplicadas utilizadas en esta parte experimental

Las gráficas obtenidas se presentan en los anexos I, II y III.

2.3. Método estadístico

Para efectuar la manipulación e interpretación de los datos recogidos, se utilizó un software estadístico SPSS 10.0.

Con los datos obtenidos de cada una de las tres mandíbulas se realizó un análisis de replicabilidad mandibular. Se describió la variable diferencia de tensión para cada mandíbula según galga (1 a 6) y tensión (5 N, 10 N y 15 N) y se estudió la media y la desviación típica.

Para ver el "efecto mandíbula" se ha construido un modelo lineal mixto (ANOVA o ANCOVAS con efectos aleatorios) para cada músculo estudiado. Este modelo incorpora efectos aleatorios al modelo lineal, permitiendo controlar la dependencia de las respuestas. Se recogieron 5 medidas consecutivas en cada galga de cada mandíbula y para cada tensión aplicada. Los datos observados presentaban dependencia.

También se controló si la tensión y las galgas actuaban como efectos confusores o interaccionando con el efecto mandíbula introduciéndolos en el modelo mixto.

3. Resultados

3. Resultados

Los resultados obtenidos de la visualización fotoelástica de las tensiones en los modelos apuntaban que las zonas de mayor tensión se encontraban, exteriormente en: la sínfisis mandibular y en las proximidades de los agujeros mentonianos; e internamente por lingual en: las zonas mesiales del arco mandibular por delante de la proyección lingual de los agujeros mentonianos. (Fig. 13) Las tensiones generadas, al ser polarizadas, permiten apreciar franjas de color indicativas de zonas donde se pueden obtener registros de diferencia de tensión.



Fig. 13. Zonas de tensión en la mandíbula de resina fotoelástica

Estas tensiones se pueden apreciar de forma simple si tomamos una mandíbula duplicada en resina fotoelástica y ejercemos presión sobre las ramas ascendentes, o bien a nivel de los cóndilos mandibulares, simulando la tensión ejercida por los músculos pterigoideos externos. (Fig. 14)



Fig. 14. Efecto sobre las ramas ascendentes

Los resultados obtenidos de la tracción de los músculos suprahioideos quedan expuestos en las tablas 2.1 a 9 y figuras 15.1 a 18.3. Suponen la valoración, sin unidades, de la diferencia de tensión o compresión que las galgas registran, entendiendo que los valores son positivos cuando el registro es de estiramiento y negativos cuando es de “encogimiento”.

Los dos mil registros obtenidos por tracción de cada una de las distintas tensiones (5 N, 10 N y 15 N), para cada uno de los grupos musculares estudiados (músculos milohioideos derechos, milohioideos izquierdos, genihioideos y digástricos), han sido promediados y comparados con el nivel de calibración de cada registro, y quedan expuestos en las tablas de los anexos IV, V y VI. Esto nos ha servido para realizar el estudio estadístico descriptivo. De los resultados expresados gráficamente, podemos extraer lo siguiente:

- Para la acción simulada del músculo milohioideo derecho se vio que la tensión registrada en cualquiera de las tres mandíbulas suponía una torsión

de la rama horizontal derecha hacia lingual, tanto basilar como del cuerpo, y una torsión de la rama horizontal izquierda hacia vestibular. Ésta era mayor a nivel del cuerpo que a nivel basilar y aumentaba al aumentar la tensión, con ligera torsión, también vestibular a nivel de la sínfisis mandibular, donde tanto el registro basilar como del cuerpo eran similares.

- Para la acción simulada del músculo milohioideo izquierdo se vio que la tensión registrada en cualquiera de las tres mandíbulas suponía una torsión de la rama horizontal izquierda hacia lingual, ligeramente mayor en la basilar respecto del cuerpo, y una torsión de la rama horizontal derecha hacia vestibular, ligeramente mayor a nivel del cuerpo que a nivel basilar. Ésta aumentaba al aumentar la tensión, con ligera torsión, también vestibular a nivel de la sínfisis mandibular, donde tanto el registro basilar como del cuerpo eran similares.
- Para la acción simulada de los músculos genihioides se apreció una torsión de la sínfisis hacia lingual, que era “seguida”, o que también se apreció, en el mismo sentido cuando se observaron los valores correspondientes a las ramas horizontales derecha e izquierda. En este sentido, el valor más uniforme se apreció en la mandíbula 1 cuando se sometió a cualquiera de las tres tensiones probadas. El comportamiento de las tres mandíbulas fue similar.

- Para la acción simulada de los músculos digástricos se apreció una torsión de la sínfisis hacia lingual, que era “seguida” o que también se apreció en el mismo sentido cuando se observaron los valores correspondientes a las ramas horizontales derecha e izquierda. En este sentido, el valor de diferencia de tensión (lo cual lleva emparejado deformación) pareció ser más pronunciado en el lado izquierdo que en el derecho. El comportamiento fue similar en las tres mandíbulas al ser sometidas a las tres tensiones probadas.

Respecto a la replicabilidad del modelo de simulación expuesto, la estadística descriptiva nos permite observar un comportamiento similar de las tres mandíbulas probadas, en las tres condiciones de tensión a las que se sometieron. Al mismo tiempo permite realizar, mediante análisis de la varianza de los incrementos o decrementos de tensión recogidos, una inferencia estadística de las posibles variaciones atribuibles a alguno de los parámetros influyentes, como pueden ser las galgas, las mandíbulas o las tensiones.

En el análisis descriptivo se obtuvieron los valores presentados en las tablas 2.1, 2.2 y 3.3 para el músculo milohioideo derecho.

Variable dependiente: MILODER

GALGA	TENSION	Media	Desv. tip.	N
1	5	-24,57	2,73	5
	10	-36,20	6,01	5
	15	-68,61	4,78	5
2	5	-20,91	1,93	5
	10	-30,36	5,84	5
	15	-57,48	4,42	5
3	5	42,78	2,77	5
	10	80,72	6,42	5
	15	118,45	10,55	5
4	5	41,57	5,15	5
	10	81,99	3,13	5
	15	116,73	9,60	5
5	5	-100,88	4,29	5
	10	-165,18	21,22	5
	15	-287,17	18,88	5
6	5	-102,38	17,27	5
	10	-173,35	22,54	5
	15	-301,98	21,65	5
Total	5	-27,40	60,23	30
	10	-40,39	104,94	30
	15	-80,01	172,09	30

Tabla 2.1. Manbíbula 1

Variable dependiente: MILODER

GALGA	TENSION	Media	Desv. tip.	N
1	5	-25,98	3,50	5
	10	-52,09	4,42	5
	15	-57,86	2,81	5
2	5	-20,73	1,13	5
	10	-41,92	2,57	5
	15	-48,40	2,94	5
3	5	48,80	3,94	5
	10	102,29	4,14	5
	15	172,78	3,33	5
4	5	40,64	2,60	5
	10	81,40	4,19	5
	15	134,53	1,12	5
5	5	-111,92	5,51	5
	10	-214,73	6,26	5
	15	-281,95	4,97	5
6	5	-131,88	4,33	5
	10	-255,44	10,55	5
	15	-335,99	6,94	5
Total	5	-33,51	69,96	30
	10	-63,41	137,06	30
	15	-69,48	193,49	30

Tabla 2.2. Manbíbula 2

Variable dependiente: MILODER

GALGA	TENSION	Media	Desv. tip.	N
1	5	-126,17	12,01	5
	10	-143,28	12,37	5
	15	-202,93	14,76	5
2	5	-85,02	6,70	5
	10	-102,59	8,01	5
	15	-140,55	5,98	5
3	5	35,90	9,18	5
	10	85,83	13,45	5
	15	167,64	9,61	5
4	5	28,70	6,22	5
	10	67,47	9,54	5
	15	125,35	7,24	5
5	5	-264,27	8,12	5
	10	-294,59	20,98	5
	15	-531,85	26,04	5
6	5	-303,89	18,25	5
	10	-315,50	21,81	5
	15	-621,90	22,76	5
Total	5	-119,12	133,18	30
	10	-117,11	159,81	30
	15	-200,71	303,41	30

Tabla 2.3. Manbíbula 3

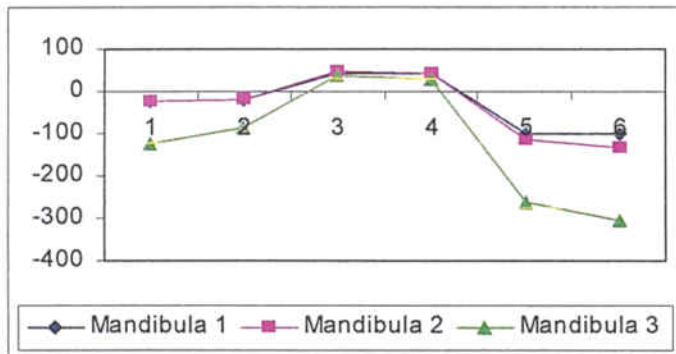


Fig. 15.1. Tensión de valor 5 N

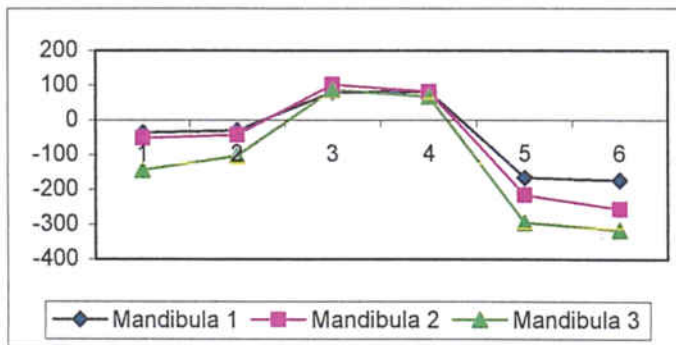


Fig. 15.2. Tensión de valor 10 N

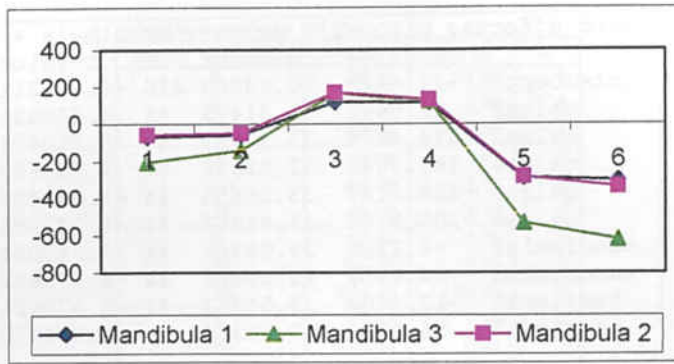


Fig. 15.3. Tensión de valor 15 N

Respecto al análisis de inferencia estadística para el músculo milohioideo derecho, después de valorar las diferencias entre galgas; galgas y mandíbulas; y galgas, mandíbulas y tensión se recogieron los datos presentados en la tabla 3.

	LogLikelihood	LogLik.Ratio	p
Modelo nulo	-1222.86		
Galga	-1186.40	72.92	<0.0001
Galga+Mandíbula	-1178.16	16.49	0.0003
Galga+Mandíbula+Tensión	-1175.09	6.15	0.0463
Galga+Mandíbula+Tensión+Galga*Mandíbula	-1166.38	17.41	0.0657

Tabla 3. Inferencia estadística Ms. Milohioideo derecho

Existe un efecto galga, un efecto mandíbula y un efecto tensión. La interacción galga con mandíbula no es significativa.

El resultado del modelo es:

Fixed effects: miloder ~ galga + mandibula + tension					
	Value	Std.Error	DF	t-value	p-value
(Intercept)	-24.6925	30.43903	216	-0.811211	0.4181
galga2	21.0818	33.31405	44	0.632821	0.5301
galga3	176.9876	33.32723	44	5.310601	<.0001
galga4	161.7845	33.31856	44	4.855687	<.0001
galga5	-168.3167	33.38655	44	-5.041451	<.0001
galga6	-200.5100	33.41283	44	-6.000988	<.0001
mandibula2	-6.1120	23.59362	44	-0.259054	0.7968
mandibula3	-96.0459	23.59362	44	-4.070843	0.0002
tension10	-13.4630	23.59362	44	-0.570621	0.5712
tension15	-56.1994	23.59362	44	-2.381975	0.0216

Se observa que además del efecto galga y tensión, existe un efecto mandíbula, como era de esperar. Cuando se registra la diferencia de tensión de este músculo, la mandíbula 3 toma valores significativamente más bajos que la mandíbula 1.

A pesar de ello, el hecho de que no exista interacción o efecto galga-mandíbula permite deducir que las diferencias entre mandíbulas para este músculo son constantes en todas las galgas y las diferencias entre mandíbulas son un sesgo probablemente debido a la dificultad de tomar los valores basales, en el asentamiento de la mandíbula al modelo de simulación.

El análisis descriptivo obtuvo los valores de las tablas 4.1, 4.2 y 4.3 para el músculo milohioideo izquierdo.

Variable dependiente: MILOIZ

GALGA	TENSION	Media	Desv. tip.	N
1	5	-25,90	1,49	5
	10	-40,72	2,70	5
	15	-52,40	5,01	5
2	5	-23,91	,97	5
	10	-39,23	1,10	5
	15	-51,15	4,12	5
3	5	-93,94	5,01	5
	10	-154,30	7,01	5
	15	-211,42	20,48	5
4	5	-75,46	7,16	5
	10	-128,24	5,21	5
	15	-172,28	15,59	5
5	5	99,88	1,56	5
	10	160,03	4,19	5
	15	273,54	19,62	5
6	5	117,92	2,78	5
	10	187,37	5,45	5
	15	298,13	22,44	5
Total	5	-,23	82,75	30
	10	-2,51	134,06	30
	15	14,07	204,91	30

Tabla 4.1. Mandíbula 1

Variable dependiente: MILOIZ

GALGA	TENSION	Media	Desv. tip.	N
1	5	-17,55	1,65	5
	10	-30,25	2,61	5
	15	-43,44	2,73	5
2	5	-19,34	1,54	5
	10	-30,31	1,97	5
	15	-41,48	2,52	5
3	5	-86,32	10,65	5
	10	-140,50	10,68	5
	15	-218,31	6,65	5
4	5	-77,87	5,21	5
	10	-128,46	3,95	5
	15	-198,58	7,64	5
5	5	74,79	4,38	5
	10	136,61	5,54	5
	15	248,60	3,21	5
6	5	99,48	4,81	5
	10	172,45	5,98	5
	15	301,04	3,59	5
Total	5	-4,47	71,58	30
	10	-3,41	122,17	30
	15	7,97	204,63	30

Tabla 4.2. Mandíbula 2

Variable dependiente: MILOIZ

GALGA	TENSION	Media	Desv. tip.	N
1	5	15,89	21,72	5
	10	-5,80	4,40	5
	15	25,01	12,62	5
2	5	7,71	2,12	5
	10	,11	4,19	5
	15	26,69	7,46	5
3	5	-63,68	2,58	5
	10	-135,62	7,36	5
	15	-179,27	10,83	5
4	5	-40,32	2,50	5
	10	-93,84	5,02	5
	15	-124,63	8,63	5
5	5	185,66	10,14	5
	10	135,26	1,93	5
	15	410,04	18,59	5
6	5	139,72	3,86	5
	10	345,02	12,43	5
	15	373,84	7,74	5
Total	5	40,83	93,28	30
	10	40,85	163,35	30
	15	88,61	231,35	30

Tabla 4.3. Mandíbula 3

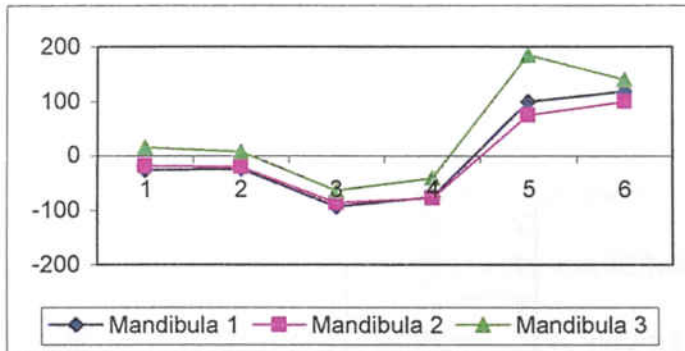


Fig. 16.1. Tensión de valor 5 N

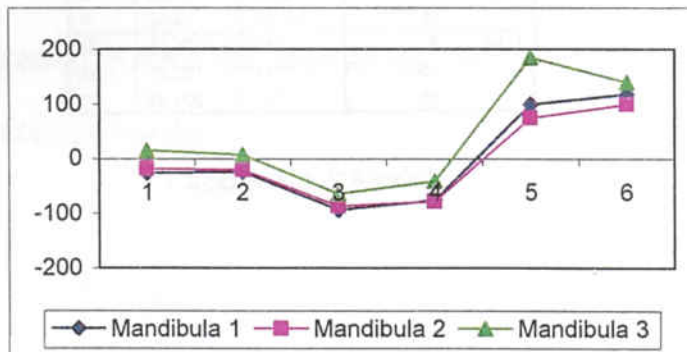


Fig. 16.2. Tensión de valor 10 N

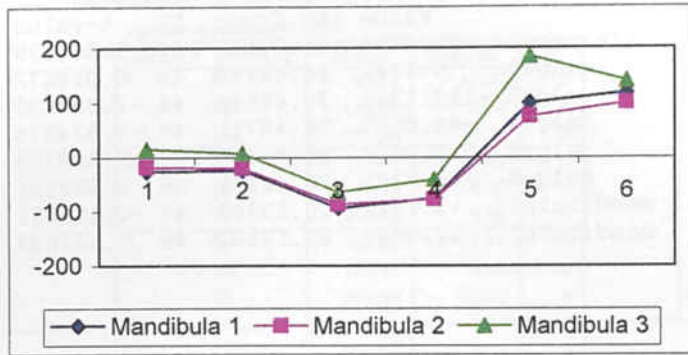


Fig. 16.3. Tensión de valor 15 N

Respecto al análisis de inferencia estadística para el músculo milohioideo izquierdo, después de valorar las diferencias entre galgas; galgas y mandíbulas; y galgas, mandíbulas y tensión se recogieron los datos presentados en la tabla 5.

	LogLikelihood	LogLik.Ratio	p
Modelo nulo	-1165.20		
Galga	-1118.03	94.32	<0.0001
Galga+Mandíbula	-1113.35	9.36	0.0093
Galga+Mandíbula+Tensión	-1112.27	2.17	0.3386
Galga+Mandíbula+Galga*Mandíbula	-1112.31	2.09	0.9956

Tabla 5. Inferencia estadística Ms. Milohioideo izquierdo

Existe un efecto galga, un efecto mandíbula y un efecto tensión. La interacción galga con mandíbula no es significativa.

El resultado del modelo es:

Fixed effects: miloiz ~ galga + mandibula					
	Value	Std.Error	DF	t-value	p-value
(Intercept)	-35.8799	23.24911	216	-1.543279	0.1242
galga2	0.4743	28.44840	46	0.016672	0.9868
galga3	-123.1347	28.48568	46	-4.322690	0.0001
galga4	-96.0587	28.46711	46	-3.374376	0.0015
galga5	211.0629	28.48458	46	7.409723	<.0001
galga6	245.5701	28.48121	46	8.622181	<.0001
mandibula2	-3.7342	20.13302	46	-0.185476	0.8537
mandibula3	52.9867	20.13302	46	2.631833	0.0115

Se aprecia que la mandíbula 3 toma valores de diferencia de nivel más altos que la mandíbula 1. Dado que la interacción galga con mandíbula no es significativa consideramos que la diferencia de tensión es la misma en todas las galgas.

Para los músculos genioides, el análisis descriptivo obtuvo los valores de las tablas 6.1, 6.2 y 6.3.

Variable dependiente: GENI

GALGA	TENSION	Media	Desv. tip.	N
1	5	45,15	1,98	5
	10	99,56	12,40	5
	15	168,77	8,48	5
2	5	43,51	4,44	5
	10	93,72	10,11	5
	15	160,34	10,30	5
3	5	40,44	3,42	5
	10	89,41	11,96	5
	15	156,81	8,77	5
4	5	47,85	5,53	5
	10	98,20	13,43	5
	15	166,52	9,43	5
5	5	48,55	3,56	5
	10	107,32	10,17	5
	15	185,11	11,22	5
6	5	54,59	3,41	5
	10	128,57	9,66	5
	15	212,58	12,09	5
Total	5	46,68	5,74	30
	10	102,80	16,60	30
	15	175,02	21,43	30

Tabla 6.1. Mandíbula 1

Variable dependiente: GENI

GALGA	TENSION	Media	Desv. tip.	N
1	5	63,74	13,80	5
	10	140,60	6,02	5
	15	240,55	11,79	5
2	5	73,03	3,83	5
	10	145,36	4,05	5
	15	244,33	8,58	5
3	5	52,80	1,74	5
	10	126,41	4,38	5
	15	230,59	23,32	5
4	5	39,75	2,52	5
	10	99,84	2,85	5
	15	199,27	3,45	5
5	5	107,19	11,35	5
	10	162,09	10,57	5
	15	285,54	8,81	5
6	5	105,06	8,19	5
	10	203,56	3,13	5
	15	328,36	13,77	5
Total	5	73,60	26,66	30
	10	146,31	32,90	30
	15	254,77	43,88	30

Tabla 6.2. Mandíbula 2

Variable dependiente: GENI

GALGA	TENSION	Media	Desv. tip.	N
1	5	196,86	19,54	5
	10	381,08	33,16	5
	15	347,31	6,79	5
2	5	177,70	19,58	5
	10	345,20	28,42	5
	15	321,37	5,90	5
3	5	143,44	14,62	5
	10	233,84	20,85	5
	15	331,60	10,73	5
4	5	146,85	14,36	5
	10	241,37	25,12	5
	15	205,94	4,37	5
5	5	62,01	4,31	5
	10	208,33	25,56	5
	15	352,06	11,27	5
6	5	90,19	7,41	5
	10	265,15	9,22	5
	15	312,83	8,43	5
Total	5	136,14	49,47	30
	10	279,16	67,48	30
	15	311,85	50,69	30

Tabla 6.3. Mandíbula 3

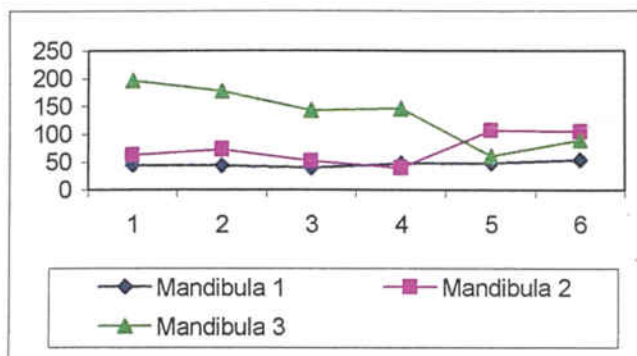


Fig. 17.1. Tensión de valor 5N

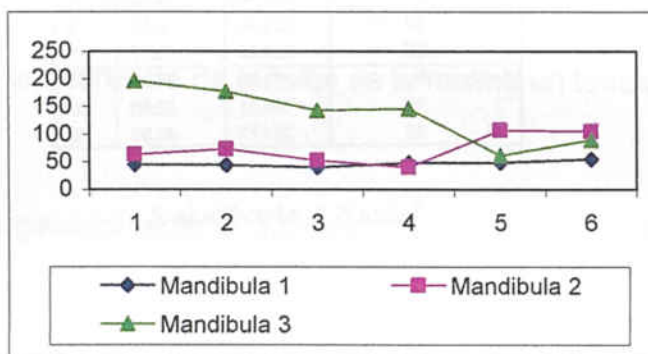


Fig. 17.2. Tensión de valor 10 N

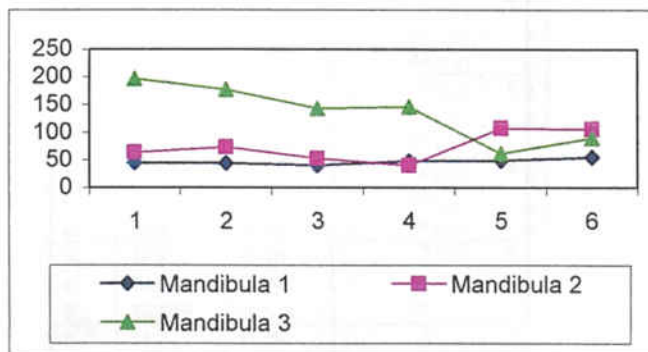


Fig. 17.3. Tensión de 15 N

Respecto al análisis de inferencia estadística para los músculos geniioideos, después de valorar las diferencias entre galgas; galgas y mandíbulas; y galgas, mandíbulas y tensión apreciamos la tabla 7.

	LogLikelihood	LogLik.Ratio	p
Modelo nulo	-1219.39		
Mandíbula	-1208.38	22.02	<0.0001
Mandíbula+Tensión	-1174.09	68.59	<0.0001
Mandíbula+Tensión+Galga	-1168.52	11.14	0.0486
Mandíbula+Tensión+Galga+Mandíbula*Galga	-1153.10	30.83	0.0006

Tabla 7. Inferencia estadística Ms. Genihioideos

Existe un efecto mandíbula, un efecto galga, un efecto tensión y un efecto interacción mandíbula con galga. Esto significa que las diferencias entre mandíbulas no son constantes en todas las galgas.

Los resultados del modelo son:

Fixed effects: geni ~ mandivula + tension + galga + mandibula:galga					
	Value	Std.Error	DF	t-value	p-value
(Intercept)	20.3232	17.89689	216	1.13557	0.2574
mandivula2	43.8014	24.03488	34	1.82241	0.0772
mandivula3	203.9205	24.03488	34	8.48435	<.0001
tension10	90.6350	9.71508	34	9.32931	<.0001
tension15	161.8798	9.71508	34	16.66273	<.0001
galga2	-5.3038	23.94044	34	-0.22154	0.8260
galga3	-8.9374	23.93907	34	-0.37334	0.7112
galga4	-0.3065	23.87804	34	-0.01284	0.9898
galga5	9.1626	23.90807	34	0.38325	0.7039
galga6	27.4184	23.80132	34	1.15197	0.2574
mandibula2galga2	11.2497	33.85690	34	0.33227	0.7417
mandibula3galga2	-21.6859	33.85690	34	-0.64052	0.5261
mandibula2galga3	-2.7578	33.85495	34	-0.08146	0.9356
mandibula3galga3	-63.1825	33.85495	34	-1.86627	0.0706
mandibula2galga4	-35.0377	33.76865	34	-1.03758	0.3068
mandibula3galga4	-110.1214	33.76865	34	-3.26105	0.0025
mandibula2galga5	27.4805	33.81111	34	0.81277	0.4220
mandibula3galga5	-110.1132	33.81111	34	-3.25672	0.0026
mandibula2galga6	36.6128	33.66014	34	1.08772	0.2844
mandibula3galga6	-113.1102	33.66014	34	-3.36036	0.0019

Según el modelo, las diferencias de nivel son constantes en las galgas 1, 2 y 3, tomando valores más positivos la mandíbula 3. Las diferencias dejan de ser constantes en las galgas 4, 5 y 6, donde parece que las diferencias van disminuyendo progresivamente.

Para los músculos digástricos, el análisis descriptivo obtuvo los valores de las tablas 8.1, 8.2 y 8.3.

Variable dependiente: DIGAS

GALGA	TENSION	Media	Desv. tip.	N
1	5	22,17	1,39	5
	10	30,01	5,70	5
	15	125,56	8,56	5
2	5	20,57	2,83	5
	10	65,25	4,51	5
	15	112,80	7,40	5
3	5	46,81	4,89	5
	10	102,31	11,21	5
	15	240,51	19,98	5
4	5	43,52	3,48	5
	10	110,84	11,62	5
	15	207,61	17,04	5
5	5	65,58	6,54	5
	10	90,88	7,06	5
	15	260,94	24,58	5
6	5	62,07	2,64	5
	10	114,85	5,15	5
	15	274,88	8,90	5
Total	5	43,42	18,10	30
	10	85,69	31,12	30
	15	203,72	66,02	30

Tabla 8.1. Mandíbula 1

Variable dependiente: DIGAS

GALGA	TENSION	Media	Desv. tip.	N
1	5	34,80	2,86	5
	10	64,29	3,69	5
	15	114,86	2,92	5
2	5	36,64	1,59	5
	10	58,85	3,42	5
	15	100,45	2,25	5
3	5	54,51	3,03	5
	10	96,63	14,32	5
	15	188,65	2,37	5
4	5	48,20	2,62	5
	10	80,95	3,42	5
	15	147,91	3,71	5
5	5	61,31	4,02	5
	10	130,16	11,00	5
	15	223,66	10,23	5
6	5	71,58	4,99	5
	10	142,96	13,87	5
	15	237,51	9,49	5
Total	5	51,17	13,60	30
	10	95,64	33,29	30
	15	168,84	53,05	30

Tabla 8.2. Mandíbula 2

Variable dependiente: DIGAS

GALGA	TENSION	Media	Desv. tip.	N
1	5	118,11	9,92	5
	10	183,76	8,62	5
	15	262,64	13,55	5
2	5	105,85	10,87	5
	10	163,10	4,26	5
	15	221,99	15,44	5
3	5	141,03	14,86	5
	10	212,67	11,00	5
	15	298,06	15,91	5
4	5	125,69	7,34	5
	10	187,18	10,86	5
	15	252,73	11,85	5
5	5	176,79	7,98	5
	10	307,00	24,65	5
	15	385,89	20,85	5
6	5	184,63	9,39	5
	10	322,12	27,44	5
	15	339,22	21,94	5
Total	5	142,01	31,31	30
	10	229,30	65,01	30
	15	293,42	58,37	30

Tabla 8.3. Mandíbula 3

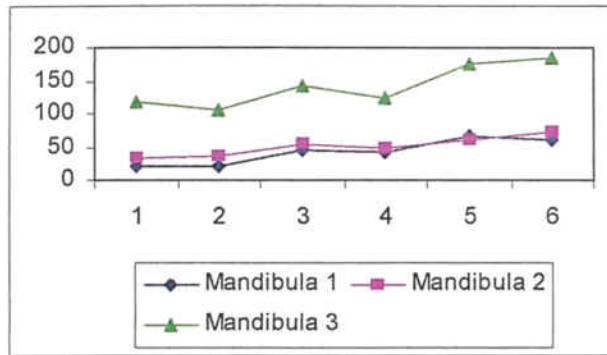


Fig. 18.1. Tensión de valor 5 N

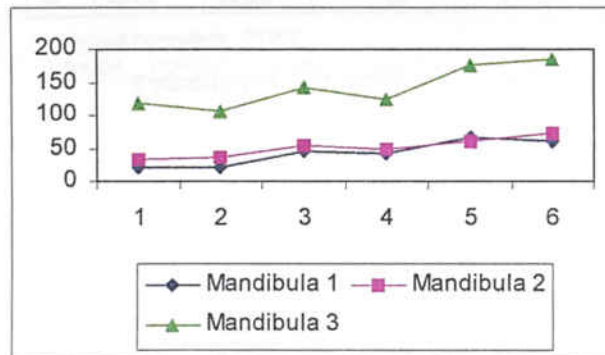


Fig. 18.2. Tensión de valor 10 N

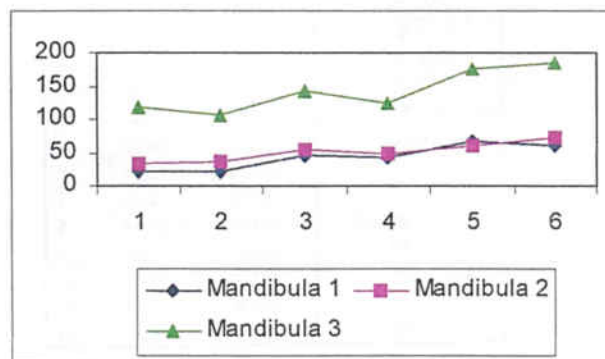


Fig. 18.3. Tensión de valor 15 N

Respecto al análisis de inferencia estadística para los músculos digástricos anteriores, después de valorar las diferencias entre galgas; galgas y mandíbulas; y galgas, mandíbulas y tensión apreciamos los resultados de la tabla 9.

	LogLikelihood	LogLik.Ratio	p
Modelo nulo	-1194.25		
Mandíbula	-1182.89	22.75	<0.0001
Mandíbula+Galga	-1175.05	15.63	0.0080
Galga+Mandíbula+Tensión	-1125.02	100.06	<0.0001
Galga+Mandíbula+Tensión+Galga*Mandíbula	-1117.65	14.74	0.1419

Tabla 9. Inferencia estadística Ms. Digástricos anteriores

Existe un efecto mandíbula, un efecto galga y un efecto tensión. La interacción galga con mandíbula no es significativa indicando una diferencia de tensión constante en todas las galgas.

Los resultados del modelo muestran que la mandíbula 3 toma valores más positivos, y son:

Fixed effects: digas ~ mandibula + galga + tension					
	Value	Std.Error	DF	t-value	p-value
(Intercept)	4.7039	10.96340	216	0.42905	0.6683
mandibula2	-5.7189	8.55067	44	-0.66883	0.5071
mandibula3	110.3092	8.55067	44	12.90065	<.0001
galga2	-7.8554	11.95251	44	-0.65722	0.5145
galga3	47.1998	12.04630	44	3.91819	0.0003
galga4	27.6040	11.98500	44	2.30321	0.0261
galga5	82.8915	12.12225	44	6.83796	<.0001
galga6	88.1803	12.08865	44	7.29448	<.0001
tension10	57.6549	8.55067	44	6.74274	<.0001
tension15	142.3723	8.55067	44	16.65043	<.0001

4. Discusión

4. Discusión

La utilización de estudios biomecánicos en cualquier ciencia aplicada constituye uno de los métodos con los que el investigador se queda más convencido de que lo ocurrido en el ensayo es susceptible de ocurrir en la realidad.

La simulación nos abre un abanico de posibilidades de análisis respetando la fisiología y las directrices bio-físicas que rigen las funciones de los distintos aparatos que constituyen nuestro cuerpo.

En nuestro caso deseábamos diseñar un modelo de simulación que permitiera estudiar la biomecánica y flexibilidad mandibular del paciente totalmente edéntulo en actuación de fuerzas musculares de apertura bucal (musculatura suprahiodea). Es decir, se deseaba estudiar la biomecánica de las funciones del aparato masticatorio en las que se activa la musculatura suprahiodea.

En el desarrollo de este trabajo hemos perseguido validar un sistema que permitiese duplicidad, que fuese válido para la comparación y consistente en la recogida de datos.

Los músculos considerados fueron: los genihiodeos, los digástricos anteriores, y ambos milohiodeos (izquierdo y derecho). No se han considerado los músculos geniogloso y glosohiideo (hiogloso), puesto que sus inserciones no relacionan

el hueso hioides con el hueso mandibular. La función de uno es protractora, mientras que la del otro es depresora lingual. El primero actuaría de forma similar al músculo genihioides en su efecto sobre la mandíbula. El segundo realiza su función implicando al resto de la musculatura hioidea para poder deprimir la lengua.

La realización de modelos de simulación ha sido una constante en la evaluación de las fuerzas que actúan sobre la mandíbula. De hecho, este tipo de investigaciones han permitido valorar situaciones en las que se pretendía conocer la respuesta de estructuras de soporte.

Respecto a la biomecánica del hueso mandibular, varios trabajos de Daegling y cols. ^(39, 40, 41) consideran que el hecho de tener alvéolos dentarios da lugar a un debilitamiento de la estructura mandibular. Para poder comprobarlo midieron la tensión existente en la superficie de un hueso largo ⁽⁴¹⁾. Le produjeron perforaciones a modo de alvéolos, para conocer los cambios a nivel de la tensión de la superficie y comparar los resultados. Sus valoraciones las hicieron utilizando galgas extensiométricas aplicadas a la superficie ósea.

En su estudio sobre la influencia de los dientes, los alvéolos y ligamentos periodontales en la rigidez torsional de la mandíbula humana, colocaron galgas extensiométricas a nivel de los primeros molares de cuatro mandíbulas humanas. Afirman que la mandíbula está modelada como una viga hueca o

como un conjunto de secciones abiertas. Sin embargo no conocen qué situación consigue mejores conductas biomecánicas. Consideran crucial conceptuar la mandíbula como una sección abierta o cerrada ya que las fuerzas de torsión o bien siguen el contorno mandibular, o bien se aplica en direcciones contrarias en las superficie externa e interna. A causa de ello desean investigar la acción de los dientes y el ligamento periodontal ante los movimientos de torsión. Para ello, experimentan sobre un fémur de beduino adulto. Miden los movimientos de torsión en tres situaciones distintas: una con hueso intacto; otra con la realización de perforaciones de 7 mm de diámetro; y otra cuando estas perforaciones están unidas entre sí, de forma que puedan valorar la mandíbula como una viga abierta o cerrada. La influencia de la carga sobre la superficie del hueso implicó tensiones de cizallamiento basal que eran compensadas por las fuerzas masticatorias originadas sobre los dientes. Cuando se realiza la extracción de los dientes, se produce un aumento de las tensiones de cizallamiento basal no compensadas por las tensiones de compresión masticatoria. Por el contrario, la extracción e interconexión de los alvéolos dio lugar a una disminución de las fuerzas de cizallamiento. La remodelación daba lugar a un cambio en la dirección de las fuerzas y a un incremento en su magnitud, pero no a cambios en su carácter de cizallamiento. Ante el modelo lineal sobre el fémur, sus resultados no admiten una correspondencia entre los mismos con lo observado sobre la mandíbula. Encuentran que el hecho de realizar perforaciones aumenta las tensiones entre un 8 y un 29%. Sobre todo cuando se convierte la sección en cuerpo abierto. No observan que existan

grandes diferencias entre la consideración del fémur como cuerpo cerrado o abierto (sólo un 1,5%). Concluyen que los dientes y el periodonto sano sirven para reducir las tensiones que en el hueso del cuerpo mandibular imponen las fuerzas de torsión. Finalmente, en su interpretación apuntan variaciones debidas a la densidad ósea, la edad, el sexo y el estado del ligamento periodontal. El hecho de la remodelación alveolar daría lugar a una descarga de tensiones en la zona del alveolo, siendo evidente que la pérdida del diente daría lugar a la reabsorción del alveolo. Además se produciría un cambio en la dirección de las tensiones.

Por todo ello podríamos considerar que el modelo a imitar en la mandíbula es el de cuerpo cerrado. Aunque las diferencias de densidad que presenta el hueso hacen fallar las predicciones que se podrían realizar con cuerpo homogéneo.

Por otra parte el hecho de tener dientes bien implantados en su alveolo (sin pérdida periodontal), parece indicar que ayuda a resistir las fuerzas generadas por la torsión, aumentando la rigidez de la mandíbula.

Daeling y Hylander ⁽³⁹⁾ consideran que los modelos basados en simulaciones de vigas simples son inadecuados para predecir tensiones y magnitudes. Se preguntan si existen modelos que obtengan una información fiable sobre la distribución de tensiones en la mandíbula. Después de una exhaustiva discusión sobre modelos matemáticos, desaconsejan inferir estados de tensión y fuerza en

la mandíbula de los primates a través de modelos isotrópicos y homogéneos. Esto se debe a que consideran la mandíbula como un cuerpo geoméricamente invariable. La forma del espécimen y las diferencias regionales de grosor óseo son factores condicionantes de la naturaleza del gradiente de tensión.

Para el régimen de fuerzas de torsión concretas del cuerpo postcanino (sector posterior de la arcada), los modelos de forma mandibular utilizados en investigaciones, parecen válidos para comparar la magnitud de la fuerza de tensión relativa y caracterizar dónde ocurren bajo el proceso alveolar. Es decir, estos modelos de mandíbula como conjuntos de torsión son capaces de discernir diferencias biomecánicas importantes entre especies primates.

Sin embargo, los estudios biomecánicos en primates permiten una comparación más exacta. Incluyen rotación parasagital, torsión, rotación lateral transversal y fuerzas de cizallamiento directo. Tras un estudio mediante TC de las mandíbulas de los australopitenses ⁽³⁷⁾ concluyen que las diferencias de tamaño y forma en el cuerpo mandibular de los homínidos se pueden explicar como una respuesta estructural a resistir elevados momentos de torsión. El tamaño de los caninos y molares se han de explicar por los hábitos alimenticios de los modernos homínidos.

Dechow y Hylander ⁽⁴²⁾ estudian sobre mandíbulas de macacos la repercusión de sus propiedades elásticas y de las tensiones que sufre en la masticación.

Tras la utilización de galgas extensiométricas encuentran que la mandíbula de los macacos es similar a la del hombre. Esto significa que, cerca del borde es rígida longitudinalmente, menos rígida en dirección ínfero superior, y menos rígida en dirección normal hacia la superficie del hueso. En su aspecto lingual es ligeramente más rígida que en el aspecto bucal. La dirección de las principales tensiones depende de dónde esté colocada la galga ⁽⁴²⁾. En el lado de balanceo la fuerza principal se dirige casi perpendicular al borde inferior de la mandíbula. En el lado de trabajo, la dirección predominante es variable en función de los mecanismos de carga. En este sentido Dechow y cols. ⁽⁴³⁾ habían demostrado que la mandíbula humana era un 40 % más rígida en su borde inferior que en dirección inferosuperior.

Daegling y Hylander ⁽³⁶⁾ afirman que los estudios con galgas extensiométricas sufren la limitación de no poder recoger totalmente el ambiente donde se aplican. Además la falta de conocimientos numéricos limita los estudios con elementos finitos. Los errores inherentes a los modelos de elementos finitos no son conocidos. Lo primero que debería hacerse es validar sus modelos con los datos obtenidos en experimentos de extensimetría. Reconocen que existe consenso en que los efectos de las fuerzas oclusales se localizan en el proceso alveolar. De tal forma se puede esperar que las tensiones sobre el alveolo sean significativamente mayores que en otras regiones mandibulares.

Respecto a la masticación, Daegling y Hylander ⁽³⁶⁾ han observado que la mandíbula humana presenta gran diferencia con la mandíbula de otros primates, a pesar de que la masticación de los humanos es parecida a la que ellos realizan. Consideran que dado que la mandíbula humana se ha acortado y ensanchado, el impacto de la musculatura también se ha modificado. Atribuyen el hecho de tener mentón a la torsión coronal de la mandíbula que debe sostener una importante sobrecarga, mientras otras fuentes de estrés han disminuido en importancia.

Contrasta esta afirmación con la argumentación que Lieberman y Crompton ⁽⁴⁴⁾ hacen de la relación entre la morfología cuspídea de los dientes y la morfología sinfisaria de los mamíferos. Argumentan que una sínfisis sin fusionar permite transferir fuerzas laterales más verticalizadas y, al mismo tiempo, confiere mayor eficiencia masticatoria ante la orientación transversal de las fuerzas.

Teaford y Ungar ⁽⁴⁵⁾ indican que la dieta de los hombres cambió en función de su vida en sociedad y de los cambios climáticos hace entre 2,3 y 4,4 millones de años. Cuando analizan la biomecánica de nuestros ancestros, apuntan a que en el Mioceno, el *Australopithecus Africanus* tenía una mandíbula reforzada. Ello ha sugerido que sus molares serían anchos con una reducción de la zona canina, aunque no se ha establecido una relación en este sentido.

Daeling y Grine ⁽⁴⁶⁾ han valorado la distribución de hueso compacto y la biomecánica de los mismos para conocer las adaptaciones de la dieta en los homínidos. De hecho, los estudios de biomecánica comparativa de la robustez mandibular de los australopitenses revelan que la morfología del aparato masticatorio parte de manera similar a la de los modernos homínidos, y muestran una adaptación a una dieta herbívora muy masticada. Ello lleva a pensar que las fuerzas de masticación tienen un componente muy horizontal en su aplicación y hacen poco relevante su comparación.

Su suposición apunta que la robustez de la mandíbula se produce para resistir las extremas tensiones originadas por fuerzas transversales de torque y torsión. También se debe al hecho de que su dieta fuera más fibrosa, requiriendo mayor cantidad de ciclos masticatorios y, en consecuencia, mayor estrés.

Estos aspectos evolutivos influyen en el campo ortodóntico de nuestra profesión. Iseri y Solow ⁽⁴⁷⁾ valoran el ancho del cuerpo mandibular en sujetos de 6 a 23 años, a los que han colocado marcadores de tantalio a ambos lados del cuerpo mandibular. Encuentran que hay un aumento de 1,6 mm (0,3 mm/año). Sus conjeturas sobre el mecanismo por el que se produce, parten del desconocimiento. Sugieren que desde el crecimiento postnatal se incrementa la carga originada por las fuerzas masticatorias. De tal manera que se influye en la remodelación endostal del hueso del cuerpo mandibular y se permite una gradual y permanente torsión de los lados izquierdo y derecho de la mandíbula.

En definitiva los movimientos de torsión mandibular se consideran como originadores de crecimiento óseo dentro de un proceso adaptativo a la biomecánica mandibular. Es importante remarcar que a partir de los 18 años, no observaron esta tendencia de crecimiento ⁽⁴⁷⁾.

Según lo anteriormente expuesto y las observaciones realizadas en nuestro trabajo, podemos decir que la musculatura suprahioidea podría dar lugar a un aumento de la diferencia de tensión, en forma de torsión.

Hobkirk y Havthoulas ⁽⁴⁸⁾ consideran que pocas veces se investiga sobre la flexibilidad mandibular. Para su estudio colocó una mandíbula sobre una mesa de trabajo y también la suspendió para simular sus condiciones naturales. En sus resultados remarcó que la suspensión de ésta dio lugar a considerables diferencias en la transmisión de fuerzas cuando se comparaba con la mandíbula apoyada sobre el banco de ensayos. Esto parece comprensible y contrasta con nuestros resultados, en los que el diseño del modelo de simulación nos ha permitido encontrar concordancia en las tres mandíbulas estudiadas, es decir, los tipos de respuestas de las galgas no varían entre mandíbulas.

Standlee y cols. ⁽²⁵⁾ en su estudio de simulación duplican una mandíbula para suspenderla de las inserciones musculares simuladas mediante cintas. De hecho, elaboran tres duplicados con resina PL-4 Photoelastic. Realizan un

análisis fotoelástico tridimensional a nivel condilar y en función de distintas fuerzas oclusales.

En nuestro caso hemos utilizado cordel para realizar la "suspensión" mandibular, mejor interpretada como fijación. De esta forma podíamos abarcar mediante ligadura continua una zona más amplia y similar a la inserción de los maseteros. La base de cráneo se recortó de forma que pudiera ser apoyada en una mesa de trabajo, tal que su posición era invertida respecto a su situación en el cráneo. El hecho de no realizar la "suspensión" de la mandíbula, obedece a que de esta forma podíamos tener la ventaja de utilizar una mesa de trabajo y poder reflejar convenientemente la dirección de los vectores de fuerza muscular suprahioidea resultantes, como hemos indicado. Este tipo de soporte mandibular sobre los cóndilos que parte del trabajo de Pezzoli y cols. ⁽⁴⁹⁾ nos permite corroborar esta idea.

En nuestro experimento realizamos un procedimiento similar al que realizaron Standlee, Caputo y Ralph ⁽²⁵⁾, que asientan los cóndilos en fosas recubiertas de silicona para simular los discos articulares. Para el estudio fotoelástico realizaron un procedimiento conocido como de congelación de tensiones. Para ello, los modelos se colocaron en una cámara a 180° F. Después se bajó la temperatura lentamente para enfriar las tensiones y proceder a su carga. Tras aplicar 300 gr posterior y unilateralmente, 500 gr bilaterales, y 500 gr en incisivos; congelaron la resina y la cortaron para analizarla en un polariscopio circular, donde se

podieran apreciar las líneas isocromáticas y la concentración de tensiones. Observaron que existía estrés a nivel condilar en las tres condiciones de aplicación de fuerza. Además existían líneas a través del extremo posterior de la rama ascendente desde el ángulo hasta el cóndilo. También aparecían líneas de tensión desde el cuerpo de la mandíbula y oblicuamente hacia el cóndilo; así como desde el área retromolar sobre el borde anterior de la rama ascendente hacia el proceso coronoideo. Gracias a estos modelos de simulación consideraron que el cóndilo y la articulación son estructuras que soportan estrés. Afirmaron que estas estructuras actúan como fulcro en determinados momentos.

Evidentemente estas simulaciones dejan preguntas abiertas. Sus autores intentan buscar explicación a las mismas. A causa de ello, cuando se plantean por qué el cóndilo no tiene una cortical más gruesa, sugieren que por ese motivo el cuello condilar está reforzado corticalmente. Dado que el cóndilo es elíptico, ayuda a no tener concentraciones preferentes y a evitar el reforzamiento óseo en condiciones de bruxismo. Esto podría justificar la artrosis del cóndilo más que su reforzamiento.

Debemos apreciar que estos autores ⁽²⁵⁾ realizan su simulación utilizando una resina de bajo módulo de elasticidad, con una elongación porcentual de casi el 40%, en la que las tensiones son apreciadas con fuerzas considerablemente pequeñas. En nuestro trabajo hemos utilizado una resina más rígida y con una densidad cercana a la del hueso. Ello nos permite tener una mejor aproximación

al objeto real de nuestros resultados. Normalmente las propiedades físicas inherentes a los materiales utilizados pueden orientarnos en la bondad de su empleo, o en la génesis de situaciones poco deseables. La constitución isotrópica del duplicado de la mandíbula fue similar al realizado por nosotros, dada la dificultad de construir una mandíbula con diferentes materiales que imiten su constitución anisótropa.

Van Eijden y Koolstra ⁽⁵⁰⁾ desarrollaron un modelo matemático del músculo milohioideo para analizar su compleja mecánica durante los movimientos masticatorios. Establecen el modelo como un diafragma en el que la orientación de sus fibras permite considerar que su contracción no es uniforme durante la apertura bucal. No obstante puede establecerse que, durante ésta, se mueven hacia abajo las inserciones anteriores mandibulares y el punto de inserción del rafe medio. Finalmente consideran que el modelo matemático depende de un alto número de asunciones, como por ejemplo que el músculo digástrico no altera la cantidad de torsión de las fibras milohioideas.

Standlee, Caputo y Ralph ⁽¹⁴⁾ intentan observar el estrés generado en la mandíbula por dos tipos de oclusiones excéntricas para ver qué tipo de oclusión se distribuye mejor hacia el cóndilo. Con dicho fin recurren a la utilización de idénticos modelos de resina birrefringente de una mandíbula dentada. Para una mejor similitud emplean diferentes tipos de resina con distintos módulos elásticos entre hueso mandibular y dientes. Estos autores realizaron tres

mandíbulas y las suspendieron con puntales metálicos que imitaban los músculos maseteros, pterigoideos internos y músculos temporales. Las cargas se aplicaron empujando desde la estructura de pruebas. Aplicaron 150 gr a la guía canina con un ángulo incidente de 30°. Para la función de grupo aplicaron 75 gr a cada molar y 50 gr a cada premolar. Observaron un ligero movimiento del cóndilo contralateral. De esta forma encuentran que la guía canina producía una distribución del estrés más uniforme y una reducción del mismo hacia el cóndilo. Este trabajo de simulación ha podido ser contrastado ampliamente en la literatura, e incluso electromiográficamente por Williamson y cols. ⁽⁵¹⁾.

Dado que Ralph y Caputo ⁽¹³⁾ habían demostrado que en máxima intercuspidad el estrés de la mandíbula aumenta cuando se pierden los dientes posteriores, concluyen que clínicamente es preferible conferir esquemas de guía canina con contacto posterior oclusal estable en el que coincida máxima intercuspidad con relación céntrica.

Al igual que en nuestro experimento, Pezzoli y cols. ⁽⁴⁹⁾ crean un modelo de simulación con una mandíbula colocada de forma invertida, esto es, apoyada sobre sus cóndilos en la mesa de trabajo. La sostienen por apoyo de las superficies oclusales cuando aplican fuerzas por tracción de cuerdas que siguen la dirección de las inserciones musculares. Les cargan pesos que valoren las fuerzas musculares desde 50 N hasta 500 N. Tras fotografiar las franjas isocromáticas, aprecian que los rompiefuerzas obtienen una minimización de la

carga, y que las coronas telescópicas, la maximizan. Al aumentar la fuerza, las coronas telescópicas la concentran en la zona dentada y liberan su incidencia de la zona edéntula. Apreciaron que las franjas isoclinas demuestran una distribución similar y regular. Con todo ello concluyen que los rompefuerzas producen la mayor alteración en líneas de tensión; que los topes mesiales distribuyen mejor la tensión que los distales y que las coronas telescópicas proveen una transmisión de fuerzas oclusales más ecualizada a las estructuras de soporte.

En estos trabajos se utiliza un método quasi-tridimensional de análisis fotoelástico. Esto quiere decir que, a pesar de que se duplica un modelo tridimensionalmente, las fuerzas que se aplican contra el modelo tienen un freno: la propia mesa de trabajo donde se apoya. Así pues, no es posible apreciar toda la incidencia de tensiones a la anatomía del modelo, ya que debe ser modificada para ser apoyada. Por lo tanto, son modelos de simulación con oposición al efecto de la fuerza, o lo que es equivalente, considera que existe una rigidez que en la mandíbula no se da.

Recientemente Dechow y Hylander ⁽⁴²⁾ investigaron una hembra adulta de macaco, con oclusión de clase I y todos sus molares en oclusión. Estando el animal sedado y con anestesia local, le pegaron con cianoacrilato galgas extensiométricas en miniatura, de 120 Ω . Se las colocaron en la cara vestibular y lingual de la rama horizontal de la mandíbula, por debajo del segundo molar y

algunos milímetros por encima del borde mandibular. En la cara lingual, colocaron la galga por debajo del músculo milohioideo. Cada una de las galgas formaba una parte de un puente de Wheatstone. Se graduó el nivel cero de tensión cuando, estando el animal sentado, no apretaba ni presentaba movimientos masticatorios. Se le dio comida hasta que la rechazó. Se registraron 39 ciclos en el lado de trabajo y 46 en el lado de balanceo. Se volvió a sedar al animal y se extrajeron las galgas.

Con todo ello, Dechow y Hylander ⁽⁴²⁾ no encontraron diferencias en la densidad del hueso. El módulo de elasticidad variaba significativamente entre las direcciones de fuerza registradas y entre localizaciones (21 GPa en el lado bucal y 23,9 GPa en el lado lingual, en sentido longitudinal). La rigidez era un 75% inferior en el lado bucal que en el lingual, en sentido inferosuperior. El módulo de cizallamiento variaba significativamente entre planos y entre localizaciones. El hueso cortical era más resistente a las fuerzas de cizallamiento en el plano formado por las direcciones inferosuperior y longitudinal. Era mayor (8,2GPa) en el aspecto lingual que en el bucal (7 Gpa). Ello implica que durante la masticación, la magnitud de tensiones en el hueso era mayor en el lado bucal que en el lingual, y tal como se esperaba, la tensión en el lado de trabajo era mayor que en el lado de balanceo.

La comparación entre los ratios de tensión compresiva relativa a tensión traccionadora y los ratios de estrés, mostraron que en el aspecto bucal del lado

de trabajo, la compresión y tensión fue similar en magnitud a la fuerza de tracción y tensión respectivamente. En el aspecto lingual del lado de trabajo, la tensión por tracción fue dos veces la tensión compresiva. Esta relación fue más exagerada para el tipo de estrés. La fuerza de tensión fue más de tres veces superior a la fuerza compresiva. En el lado de balanceo la tensión por compresión y la fuerza fueron absolutamente mayores cuando se comparan con las tensiones por tracción y su fuerza. La orientación de las tensiones varía según la localización. En el lado de trabajo bucal la dirección es hacia arriba y hacia atrás; mientras que, en el lingual es hacia arriba y hacia delante. En el lado de balanceo es hacia arriba y hacia atrás tanto en el aspecto bucal como en el lingual. Estos resultados concuerdan con los que nosotros hemos encontrado en la replicabilidad de las tres mandíbulas.

Así mismo, modelizaciones mediante la utilización de elementos finitos realizados por Viaño y Suárez ⁽⁵²⁾ dan idea del mismo tipo de deformación mandibular. Para la construcción del modelo matemático Viaño y Suárez se basan en trabajos de Koriath ⁽⁵³⁾, el cual realiza una tomografía computerizada a una mandíbula fresca, para imitar los movimientos mandibulares. Koriath se basa en los movimientos apreciados por Hylander en 1979. Dentro de su modelo matemático, la torsión debe ser inducida por la aplicación de fuerzas artificiales que podrían ser mejor definidas. En este trabajo ⁽⁵³⁾ se confirman las deformaciones rotacionales que ocurren en la mandíbula humana.

Otra de las ventajas de utilización de resinas epóxicas fotoelásticas es su similitud respecto al hueso mandibular, en cuanto a las características del material se refiere. Recordamos que el modulo elástico del hueso, por ser anisótropo, puede cambiar entre 1,3 GPa y 14,1 Gpa. El valor de su coeficiente de Poisson es 0,30 tanto para el hueso cortical como para el trabecular. Si tomamos los valores dados por Clelland y cols. ⁽⁵⁴⁾ podremos apreciar que no está muy lejano del coeficiente 0,36 a 0,5 de Poisson, o del módulo elástico de 2,8 Gpa de las resinas epóxicas fotoelásticas.

Arndt y cols ⁽⁵⁵⁾ compararon las mediciones de galgas pegadas al hueso o clavadas al mismo, para valorar la deformación inducida que producían. Observaron que las diferencias no eran significativas cuando se comparaban con las galgas pegadas en la superficie.

Dechow y Hylander ⁽⁴²⁾ afirman que las mandíbulas humanas tienden a tener un hueso cortical más rígido en el lado lingual desde la sínfisis hasta el cuello del cóndilo. Sin embargo, de su estudio infieren que la orientación de la fuerza en el lado de trabajo puede sugerir un cizallamiento directo como primera forma de carga. Si la orientación es vertical estaría a favor de un patrón de torsión parasagital. Si la orientación de la fuerza está hacia atrás y arriba en el lado bucal, y hacia arriba y adelante en el lado lingual, estaría a favor de un patrón masticatorio de torsión mandibular. Lo más probable es que haya una combinación de estos tres tipos de tensión. Afirman que la comparación del

estrés óseo y de las tensiones cerca del borde del cuerpo mandibular conducen a pensar:

- que la anisotropía del cuerpo mandibular da como resultado diferentes tipos de orientación entre los diferentes tipos de fuerzas y tensiones
- que las diferencias entre las diferentes orientaciones serán mínimas en muchos casos.

Nosotros apreciamos las tensiones en un cuerpo isótropo como es nuestro modelo de simulación. Además no indicamos cuál es la orientación de la fuerza porque estamos imitando la inserción muscular y, por tanto, la conocemos.

Morgan y Keaveny ⁽⁵⁵⁾ después de valorar la dependencia de la tensión en el hueso trabecular de un lugar anatómico, afirman que puede considerarse uniforme una localización concreta a pesar de la variación sustancial del módulo elástico y el campo de tensión.

Consideramos paradójico que Cristofolini y Viceconti ⁽⁵⁶⁾ al intentar validar modelos de tibia en material compuesto bajo los efectos de movimientos de torsión, encuentren que no es el procedimiento apropiado para este tipo de carga. Aunque resulta apropiado para otros tipos de test. En su revisión bibliográfica mencionan una serie de autores que validan la utilización de resinas epóxicas con límites elásticos alrededor de 14,2 GPa a la torsión.

Pfaeffle y cols. ⁽⁵⁷⁾ comparan resultados para apreciar las tensiones que ocurren en el antebrazo en 3 dimensiones. Recurren a los elementos finitos y a modelos compuestos de resina, generados mediante tomografía computerizada. Concluyen que es más ventajoso utilizar este tipo de simulaciones que no la de elementos finitos.

Desde 1991 Hobkirk y Schwab ⁽⁵⁸⁾ apuntaban que la flexibilidad mandibular podía ser registrada y variaba de unos individuos a otros. Su estudio consistió en realizar mediciones de tensiones en boca usando galgas extensiométricas sobre pacientes con implantes. Calibraron los aparatos a 0 cuando la mandíbula se encontraba en reposo. A continuación solicitaron al paciente que abriera y cerrara la boca hasta la posición de reposo en 10 ocasiones. Tras el análisis de correlación, encontraron linealidad entre algunas mediciones, pero no en otras. Afirman que la distorsión podía estar influenciada por factores como la fuerza muscular, la densidad del hueso, las propiedades mecánicas y la geometría de la mandíbula. Observaron mayor distorsión en el paciente con mandíbula más delgada y con mayor distancia entre implantes. Consideraron que las afirmaciones de Hylander son ciertas al atribuir al pterigoideo lateral, la deformación producida en la apertura bucal.

Este argumento refuerza nuestra idea de estudio y simulación bajo la acción de los músculos suprahioides.

Este razonamiento también sirve a, Jiang ⁽¹²⁾ para intentar medir la deformación elástica de la mandíbula durante el apretamiento de unos pivotes. Para ello utilizará unas cámaras y un sistema de análisis de imagen, aplicada sobre cuatro individuos que no presentan síntomas de disfunción muscular masticatoria ni temporomandibular. Utilizó los incisivos centrales y los segundos premolares inferiores para reflejar la deformación mandibular y dos cámaras que determinaban la proyección visual de las varillas adheridas a los puntos dentales. Encontró rangos de deformación mandibular al apretamiento entre 0,40 mm y 0,90 mm en dirección superior, y era de 0,49 mm para el lado derecho, 0,53 mm en el centro y 0,63 mm para el lado izquierdo, si apretaban el segundo molar izquierdo. Si el apretamiento se producía en el segundo molar derecho, los valores eran de 0,91, 0,78 y 0,79 mm. La distancia del lado que no pivotaba era 0,10 mm mayor que la del lado pivotante. Los descensos de distancia eran estadísticamente significativos cuando la deformación ocurría al apretar unilateralmente.

Contrastando su método con otros, lo considera válido para conocer la posición de los puntos evaluados, antes y después del apretamiento bajo tres puntos de medida y seis grados de libertad. Si la mandíbula se considerase rígida, no se habría apreciado movimiento de los puntos. Aprecia que las distancias entre los puntos de medición derecho e izquierdo disminuye en 0,2 mm, por lo que considera que la mandíbula se deforma hacia adentro y hacia arriba desde el

punto pivotante. Cree que aparece por la fuerza y contracción de los músculos pterigoideos laterales y que disminuyen la anchura mandibular mientras que los elevadores la llevan hacia arriba.

Realmente en nuestro caso no hemos valorado el acortamiento que se produce a nivel de los ángulos goníacos o de las ramas ascendentes mandibulares. Sin embargo sí que hemos constatado la deformación que sufre la mandíbula debido a la contracción de los músculos suprahioides.

Referente a la participación del músculo pterigoideo en tal deformidad hemos de indicar que, en nuestro experimento, lo hemos fijado puesto que consideramos que en la literatura científica quedaba clara su participación. Muchas veces, cuando éste músculo debe compensar sintomatología articular, ya presenta una importante contractura que puede resultar dolorosa para el paciente. De esta forma podíamos aislar la participación de la musculatura milohioidea en la variabilidad de la deformación mandibular.

El método estadístico descriptivo nos permite evaluar la tendencia de los valores obtenidos tras cinco tracciones, o generación de tensiones, para cada grupo muscular estudiado y en distintas condiciones de carga. La distribución de los datos varía en función del efecto galga y el efecto tensión. En cuanto al efecto mandíbula no se ha encontrado entre la mandíbula 1 y 2; pero la mandíbula 3 presenta valores sesgados respecto a la 1 y 2. Este sesgo lo atribuimos a la

forma de obtener el posicionamiento mandibular sobre el modelo de simulación. Esto podría dar lugar a una dificultad para la obtención del registro basal. Además, en la mandíbula 3, algunas galgas se comportan de manera distinta a las de las mandíbulas 1 y 2 (efecto interacción mandíbula + galga). Consideramos que este comportamiento particular de la mandíbula 3 no es suficientemente grande como para descartar la aplicabilidad de las mandíbulas, dada nuestra creencia a cerca de la tensión generada al ubicar la tracción de las cuerdas que simulan los músculos de cierre.

Pese a que la diferencia entre las tensiones medias de las mandíbulas es estadísticamente significativa, nosotros no consideramos que sea relevante funcionalmente. Esto nos lleva a considerar la concordancia entre mandíbulas. Cuando observamos las medidas obtenidas por las galgas para cada mandíbula y para cada tensión, no podemos afirmar que sean distintas. Es decir, que bajo las distintas tensiones y para cada mandíbula, el comportamiento de los valores registrados para el músculo milohioideo derecho se mantiene constante. Sucede de manera similar para el músculo milohioideo izquierdo.

Respecto a los músculos genihioides señalamos que, las diferencias de valores obtenidos indican unas diferencias constantes entre mandíbulas. Las diferencias de tensión obtenidas en las galgas 4, 5 y 6 de la mandíbula 3 romperían esta tendencia. Nosotros lo atribuimos a dos causas.

En primer lugar, podría deberse a la diferencia de tensión en las cuerdas que sujetan la mandíbula 3 respecto a la base de cráneo.

En segundo lugar, el tamaño de los agujeros en el cuerpo mandibular podría originar tensiones diferentes debido a que éstos se han hecho manualmente.

5. Conclusiones

5. Conclusiones

La metodología seguida, ha consistido en duplicar varias mandíbulas en un material fotoelástico con propiedades elásticas similares a las del hueso mandibular. El uso de galgas extensiométricas ha permitido registrar la diferencia de tensión generada por tracciones, que simulaban las fuerzas realizadas por los músculos suprahioideos sobre el hueso mandibular. Finalmente se han analizado los datos obtenidos aplicando el método estadístico a dichos valores.

De todo lo expuesto podemos extraer las siguientes conclusiones.

1. Las distintas mandíbulas duplicadas en resina fotoelástica son sensibles a las diferentes tensiones aplicadas de 5 N, 10 N, y 15 N.
2. Los elementos de registro (galgas) de las distintas mandíbulas duplicadas en resina fotoelástica son sensibles a las diferentes tensiones aplicadas de 5 N, 10 N, y 15 N, manteniendo una diferencia de tensión constante para cada una de ellas.
3. En general no existe interacción significativa entre elemento de registro (galga) y mandíbula, considerando un valor de estimación del 0,05. En conjunto,

podemos afirmar que no existen evidencias para pensar que el efecto tensión y galga se modifica al cambiar de mandíbula.

4. En la mandíbula 3, el efecto galga en las localizaciones del lado izquierdo se comporta de forma diferente a la observada en las mandíbulas 1 y 2. Existe un efecto mandíbula 3 que se puede interpretar como un sesgo en relación a los resultados de las mandíbulas 1 y 2, y consideramos que viene provocado por la tensión de asentamiento de la mandíbula sobre el modelo de simulación.

5. Las mandíbulas duplicadas presentan concordancia como modelo de simulación, dado su comportamiento similar frente a las distintas tensiones aplicadas, sea cual sea el grupo muscular suprahiodeo considerado.

6. El movimiento generado por la musculatura suprahiodea sobre la mandíbula simulada es un movimiento torsor cuyo centro de rotación se encuentra influenciado por la inserción y contracción de los grupos musculares suprahiodeos.

6. Bibliografía

6. Bibliografía

1. Jacobson TE, Krol AJ. A contemporary review of the factors involved in complete denture retention, stability, and support. Part I: Retention. J. Prost. Dent. 1983; 49:5-15
2. Jacobson TE, Krol AJ. A contemporary review of the factors involved in complete denture retention, stability, and support. Part II: Stability. J. Prost. Dent. 1983; 49:165-72
3. Jacobson TE, Krol AJ. A contemporary review of the factors involved in complete denture retention, stability, and support. Part III: Support. J. Prost. Dent. 1983; 49:306-13
4. Levin B. Impressions for complete dentures. Quintessence. Chicago. 1984
5. Tallgren A, Holden S, Lang BR, Ash MM. Jaw muscle activity in complete denture wearers. A longitudinal electromyographic study. J. Prost. Dent. 1980; 44:123-32
6. Tallgren A, Lang BR, Walcker GF, Ash MM. Changes in jaw relations, hyoid position and head posture in complete denture wearers. J. Prost. Dent. 1983; 50:148-56
7. Taylor TD, Agar JR, Vogiatzi T. Implant prosthodontics: current perspective and future directions. Int J. Oral Max Impl. 2000; 15:66-75
8. Caputo AA, Standlee JP. Biomechanics in clinical dentistry. Chicago. Quintessence Publishing Co. 1987

9. Shillinburg HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett SE. Planificación del tratamiento para la sustitución de dientes ausentes. En: Fundamentos de Protopodoncia fija. Barcelona. Quintessence Co. 2000.
10. Alexandridis C, Caputo AA, Thanos CE. Distribution of stresses in the human skull. *J. Oral Rehab.* 1985. 12:499-507
11. Lemons JE. Biomechanical and biomaterial considerations of root-form dental implants. En: McNeill CH. Science and Practice of Occlusion. Chicago. Quintessence. 1997
12. Jiang T. Ai M. In vivo mandibular elastic deformation during clenching on pivots. *J. Oral Rehab.* 2002; 29:201-8
13. Ralph JP, Caputo AA. Analysis of stress patterns in the human mandible. *J. Dent. Res.* 1975; 54:814
14. Standlee JP, Caputo AA, Ralph JP. Stress transfer to the mandible during anterior guidance and group function eccentric movements. *J. Prosth. Dent.* 1979; 41:35-9
15. Zarb G, Lekholm U, Albrektsson T, Tenenbaum H. Aging, Osteoporosis, and dental implants. Chicago, Quintessence. 2002
16. Goodacre ChJ. Kan JYK, Rungcharassaeng K. Clinical complications of osseintegrated implants. *J. Prosth. Dent.* 1999; 81:537-52
17. Orts Llorca F. Anatomía Humana. Fascículo tercero. Barcelona. Ed. Científico Médica. 1946
18. Glossary of Prosthodontic Terms – 7 *J. Prosth. Dent.* 1999; 81:39-110

19. Standlee JP, Caputo AA, Ralph JP. Stress transfer to the mandible during anterior guidance and group function eccentric movements. *J Prosthet Dent* 1979; 41:35-9
20. Alexandridis C, Caputo AA, Eliades GC. Functional stress modification after high condylectomy surgery. *J. Oral Rehab.* 1991. 18:317-326
21. Goldfogel MH, Lambert RL: Cantilever fixed prosthesis replacing the maxillary lateral incisor: Design consideration. *J Prosthet Dent* 1985; 54:477-8
22. Hylander WL. Johnson KR. In vivo bone strain patterns in the craniofacial region of primates. En: McNeill CH. *Science and Practice of Occlusion*. Chicago. Quintessence. 1997
23. Llombart D. Determinación de los efectos de las interferencias oclusales sobre los cóndilos y su cuantificación mediante análisis estructural. 1990. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona
24. Boucher LJ, Jacoby J. Posterior border movements of the human mandible *J. Prosth. Dent.* 1961; 11:836
25. Standlee JP, Caputo AA, Ralph JP. The condyle as a stress-distributing component of the temporomandibular joint. *J. Oral Rehab.* 1981; 8:391-400
26. Bates JF, Safford GD, Harrison A. Masticatory function. A review of the literatura III. Masticatory performance and efficiency. *J. Oral Rehabil.* 1976; 3:57

27. Gross MD, Nissan J. Stress distribution around maillary implants in anatomic photoelastic models of varying geometry. Part I. J. Prosth Dent. 2001; 85:450-4
28. Hatcher DC, McEvoy SP, Mah RT, Faulkner MG. Distribution of local and general stresses in the stomatognathic system. En: McNeill CH. Science and Practice of Occlusion. Chicago. Quintessence. 1997
29. Bidez MW, Misch CE. Clinical biomechanics. En: Contemporary implant dentistry. St. Louis. Mosby Co. 1993
30. Figun, Garino. Anatomía odontológica. Ed. El Ateneo. Buenos Aires 1988.
31. Rouvière, Delmas. Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional. Tomo I: Cabeza y cuello. Ed. Masson. Barcelona. 1988
32. Zarb GA, Mohl MD, MacKay HF. Deglutition, Respiration, and Speech. En Mohl ND, Zarb GA, Carlsson GE, Rugh JD. A textbook of occlusion. Chicago. Quintessence Publishing Co. 1988
33. Corz Rodriguez A, Garcia Sánchez F. Extensiometría y Fotoelasticidad. Málaga. Ed. De la Universidad de Málaga. 1997
34. Romero Mateos Y, Ros Felip A. Diseño y puesta a punto de ensayos didácticos para resistencia de materiales basados en la técnica de extensiometría eléctrica. Apuntes de prácticas. Escuela técnica superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid.
35. Lang LA, Wang RF, Kang B, White SN. Validation of finite element analysis in dental ceramics research. J. Prosth. Dent. 2001; 86:650-4

36. Daegling DJ, Hylander WL. Experimental observation, theoretical models and biomechanical inference in the study of mandibular form. *Am. J. Phys. Anthropol.* 2000; 112: 541-51
37. McLoughlin SW. Computer and model methods for the biomechanical analysis of mandibular bone and prosthodontic devices. Ph. D. Thesis. Univ. de Alabama. Birmingham. 1994
38. Akca K, Cehreli MC, Iplikcioglu H. A comparison of three-dimensional finite element stress analysis with in vitro strain gauge measurements on dental implants. *Int J Prosth.* 2002; 15:115-21
39. Daegling DJ, Hylander WL. Biomechanics of torsion in the human mandible. *Am. J. Phys. Anthropol.* 1998; 105: 73-87
40. Daegling DJ, Hylander WL. Occlusal forces and mandibular bone strain: Is the primate jaw "overdesigned?" *J. Human Evol.* 1997; 33: 705-17.
41. Daegling DJ, Ravosa MJ, Johnson KR, Hylander WL. Influence of teeth and periodontal ligaments on torsional rigidity in human mandibles. *Am. J. Phys. Anthropol.* 1992; 89: 59-72
42. Dechow PC, Hylander WL. Elastic properties and masticatory bone stress in the macaque mandible. *Am J Phys Anthropol* 2000; 112:553-74
43. Dechow PC, Nail GA, Schwrtz-Dabney CL, Ashman RB. Elastic properties of human supraorbital and mandibular bone. *Am J Phys Anthropol* 1993; 90:291-306
44. Lieberman DE, Crompton AW. Why fuse the mandibular symphysis? A comparative analysis. *Am J Phys Anthropol* 2000; 112:517-40

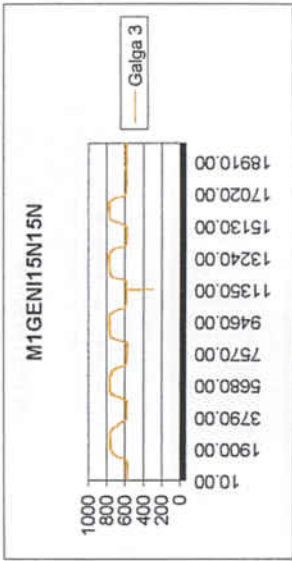
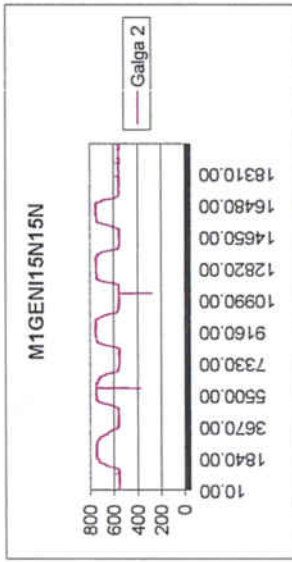
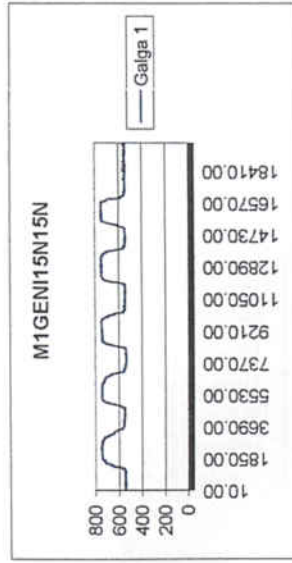
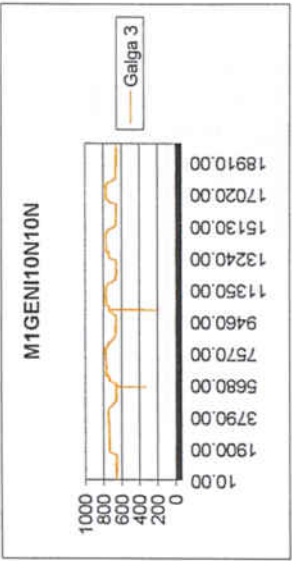
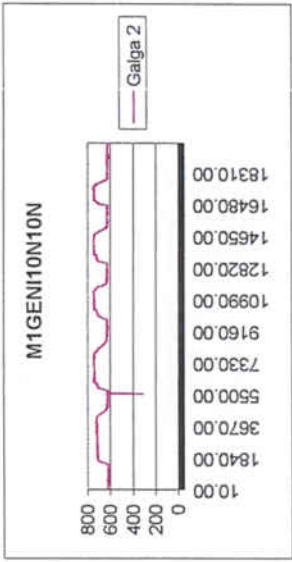
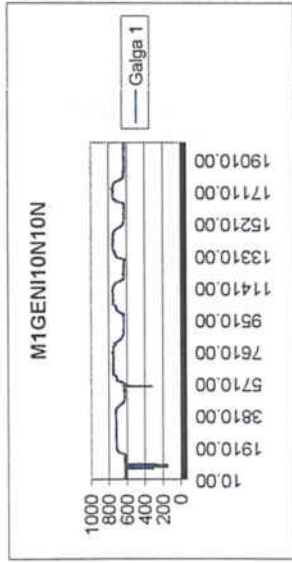
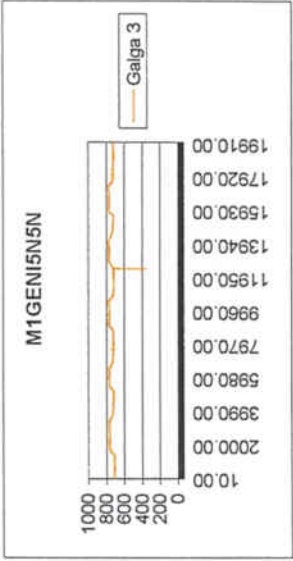
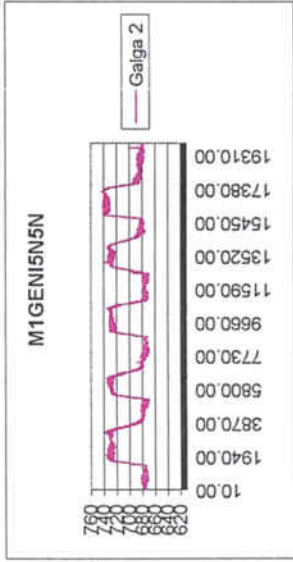
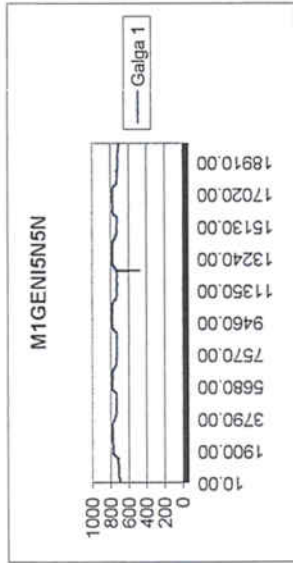
45. Teaford MF, Ungar PS. Diet and evolution of the earliest human ancestors. *Proc. Natl. Acad. Sci (PNAS)*, 2000; 97:13506-11
46. Daegling DJ, Grine FE, Compact bone distribution and biomechanics of early hominid mandibles. *Am. J. Phys. Anthropol.* 1991; 86: 321-39
47. Iseri H, Solow B. Change in the width of the mandibular body from 6 to 23 years of age: an implant study. *Eur J Orthod.* 2000; 229-38
48. Hobkirk JA, Havthoulas TK. The influence of mandibular deformation, implant numbers, and loading position on detected forces in abutments supporting fixed implant superstructures. *J Prosth Dent.* 1998; 80:169-74
49. Pezzoli M, Rosetto M, Calderale PM. Evaluation of load transmission by distal-extension removable partial dentures by using reflection photoelasticity. *J. Prosth. Dent.* 1986; 56:329-37
50. Van eijden TMGJ, Koolstra JH. A model for mylohyoid muscle mechanics. *J. Biomech* 1998; 31:1017-24
51. Williamson WH, Lundquist DO. Anterior guidance: its effect on anterior temporalis and masseter muscles *J.Prosth. Dent.* 1983; 49:816-23.
52. Fernandez JR, Viaño JM, Burguesa M. Modelización y simulación de algunos procesos mecánicos en la mandíbula humana. 1998. Publicaciones del Departamento de Matemáticas. Universidad de Santiago de Compostela
53. Koriath TWP, Hannam AG. Deformation of the human mandible during simulated tooth clenching. *J. Dent. Res.* 1994; 73:56-66

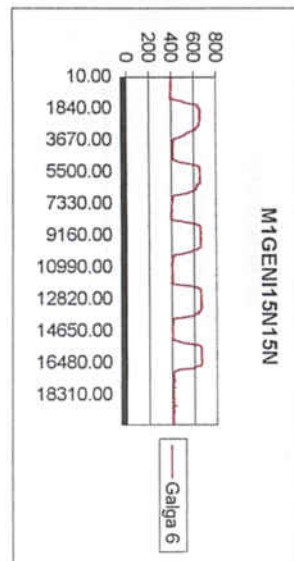
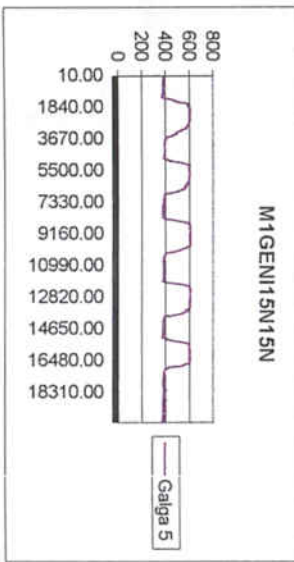
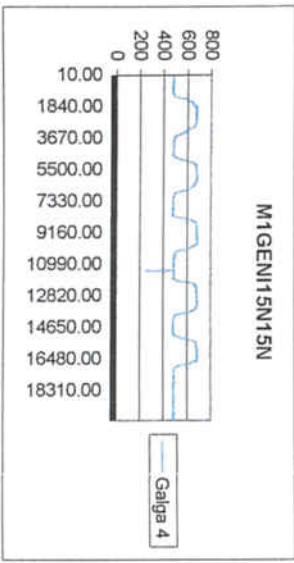
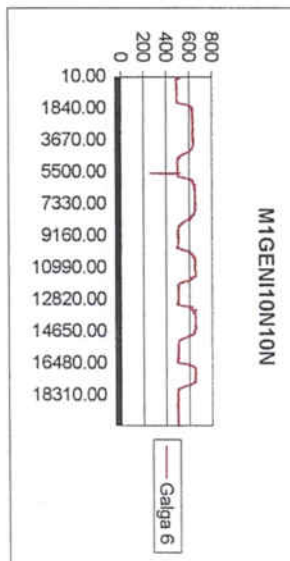
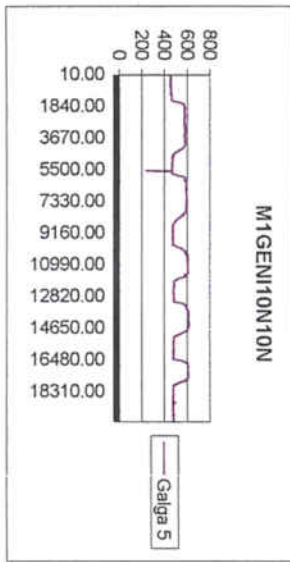
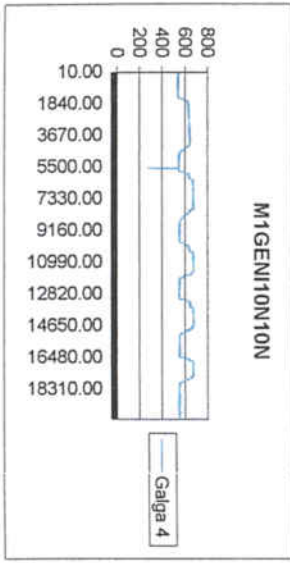
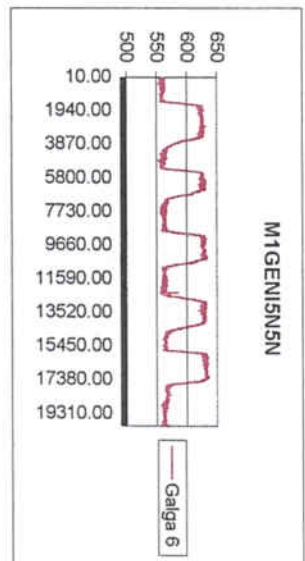
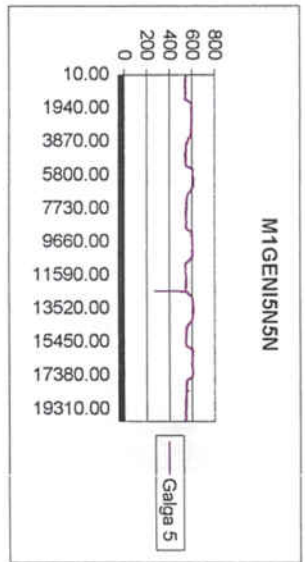
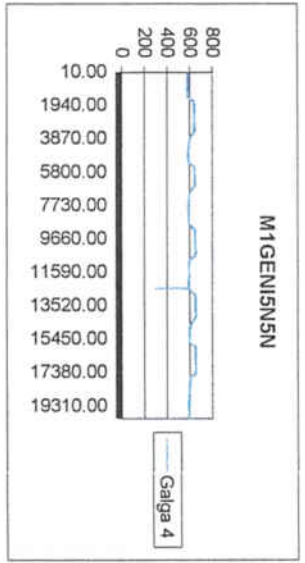
54. Clelland NL, Gilat A, McGlumphy EA, Brantley WA. A photoelastic and strain gauge analysis of angled abutments for an implant system. *Int. J. Oral Maxillofac Implant.* 1993; 8: 541-8
55. Arndt A, Westblad P, Ekenman I, Halvorsen K, Lundberg A. An in vitro comparison of bone deformation measured with surface and staple mounted strain gauges. *J. Biomech.* 1999; 32:1359-63
56. Cristofolini L, Viceconti M. Mechanical validation of whole bone composite tibia models. *J. Biomech* 2000; 33:279-288
57. Pfaeffle HJ, Fisher KJ, Manson TT, Tomaino MM, Rendón JH, Woo SLY. A new methodology to measure load transfer through the forearm using multiple universal force sensors. *J. Biomech* 1999; 32:1331-5
58. Hobrik JA, Schwab J. Mandibular deformation in subjects with osseointegrated implants. *Int J. Oral Maxillofac Implants* 1991; 6:319-28

7. Anexos

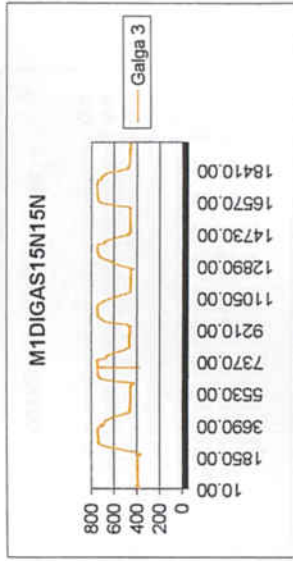
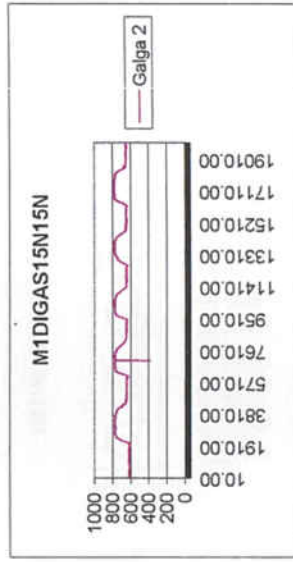
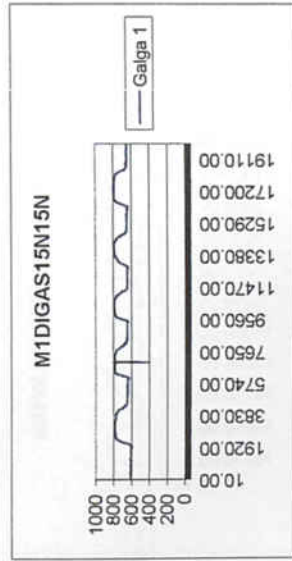
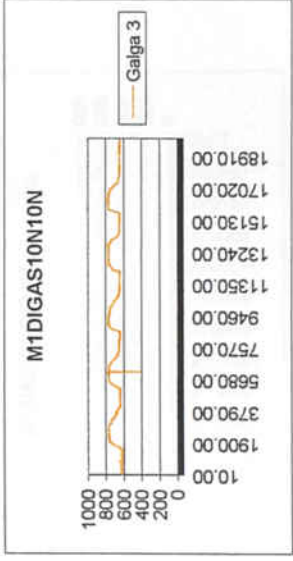
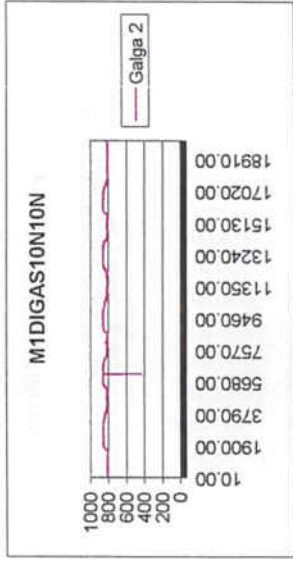
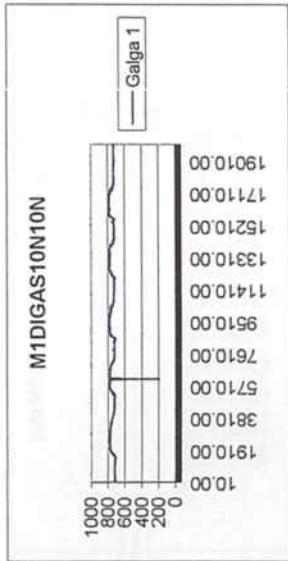
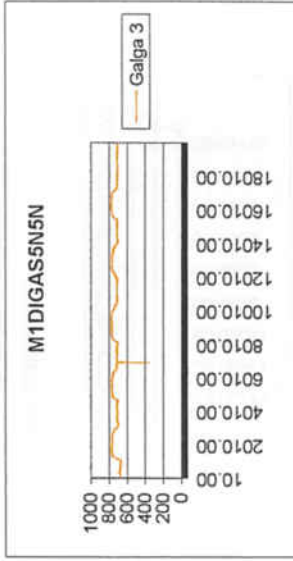
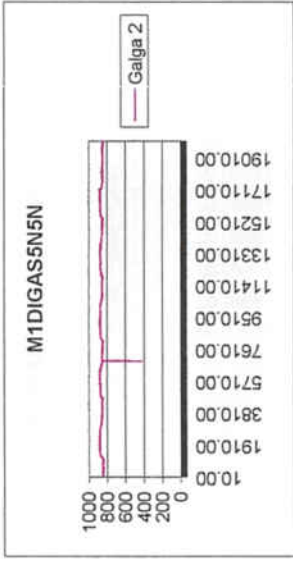
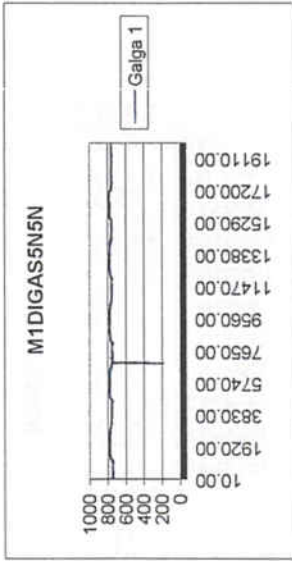
ANEXO I

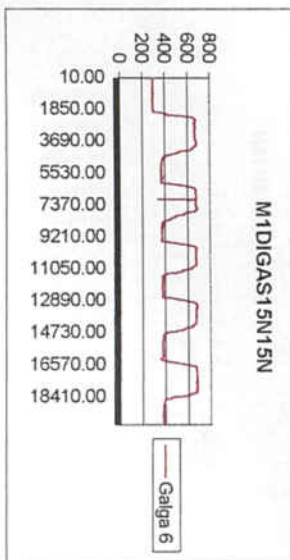
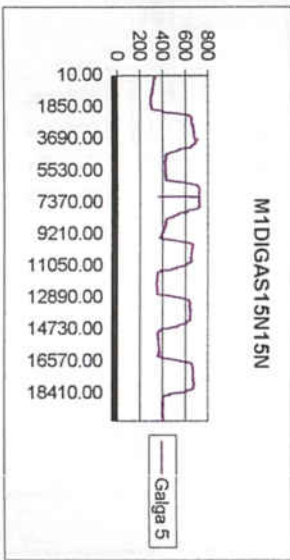
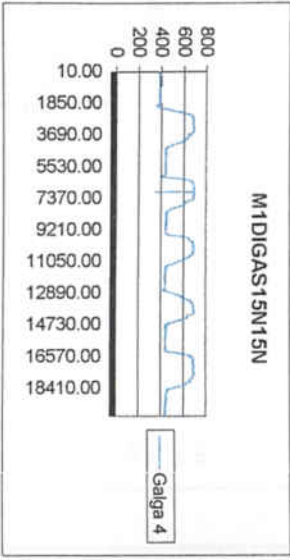
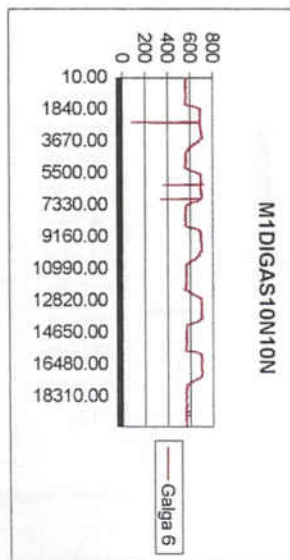
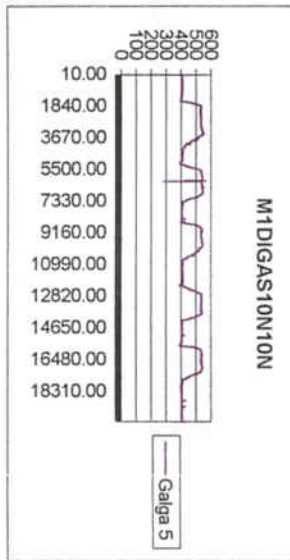
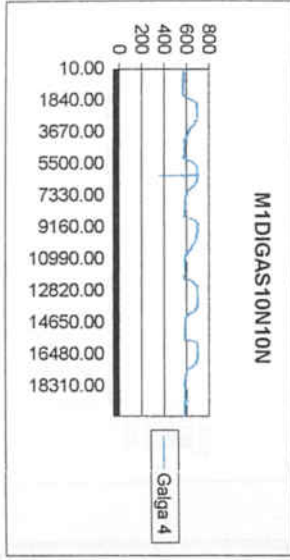
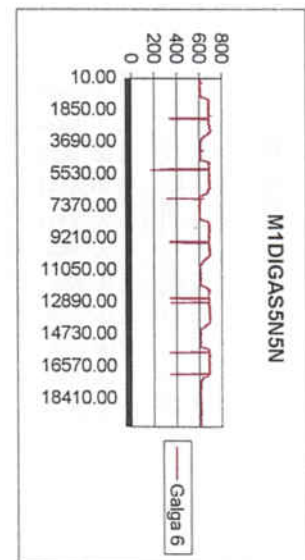
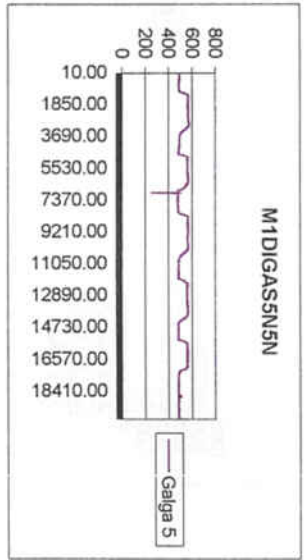
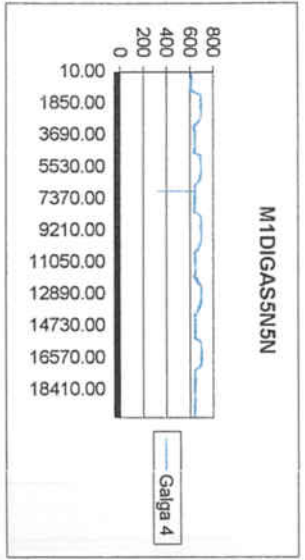
Graficos Mandibula 1



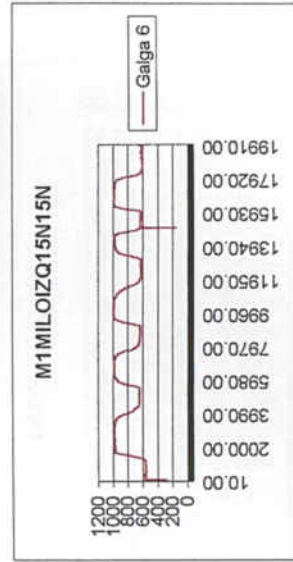
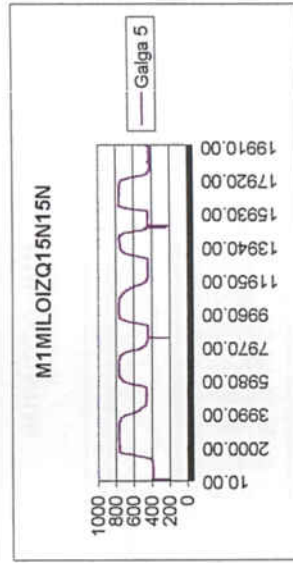
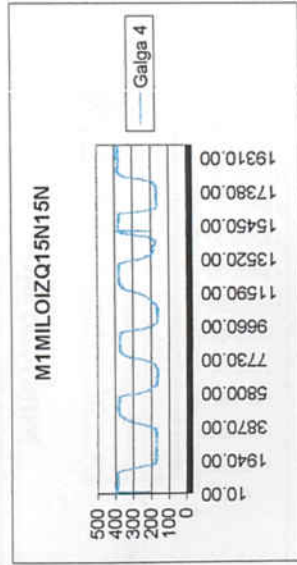
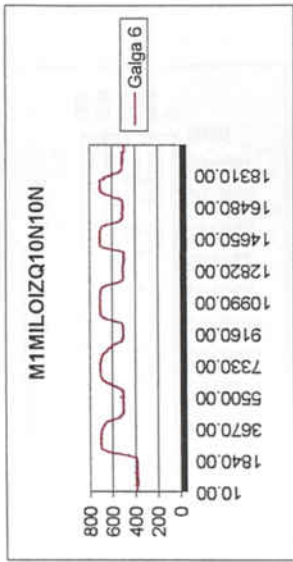
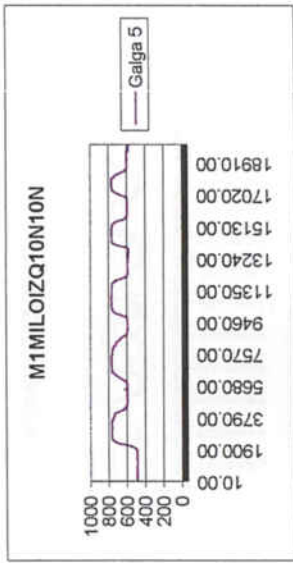
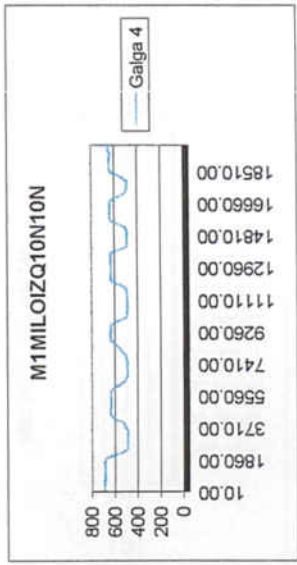
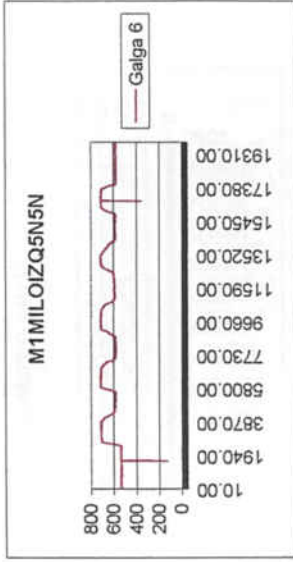
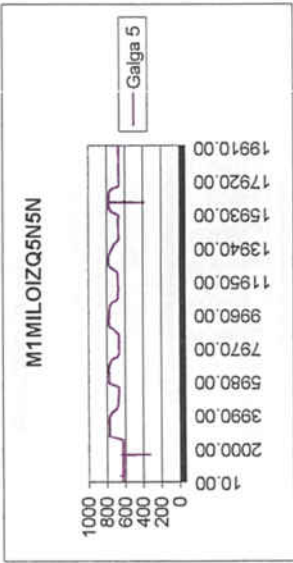
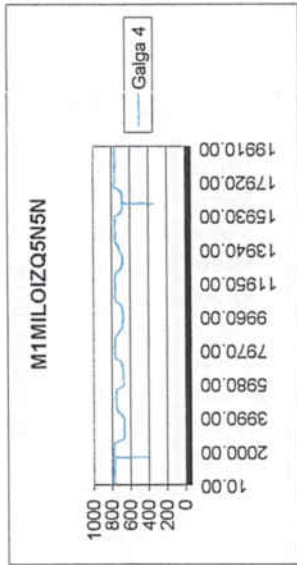


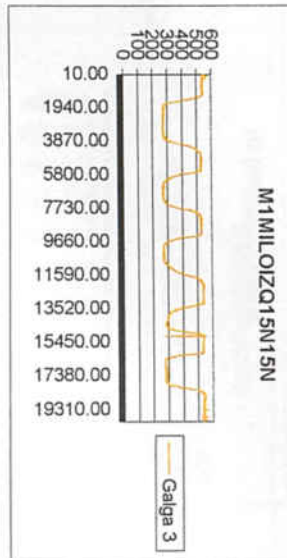
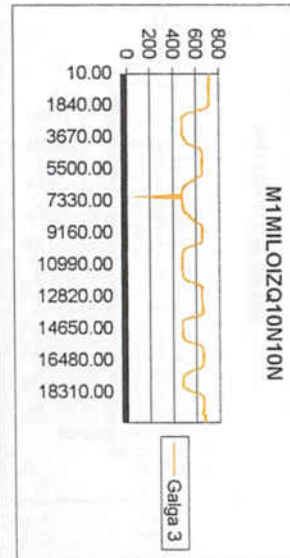
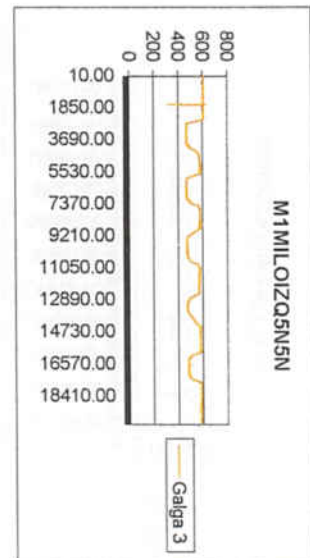
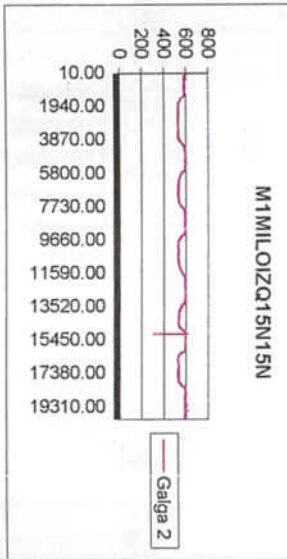
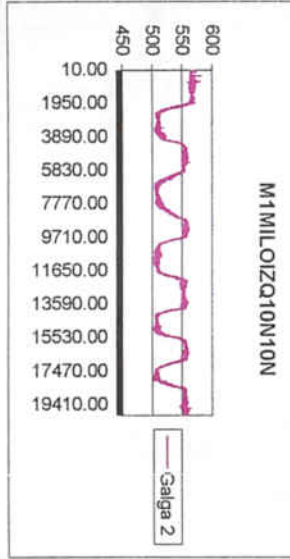
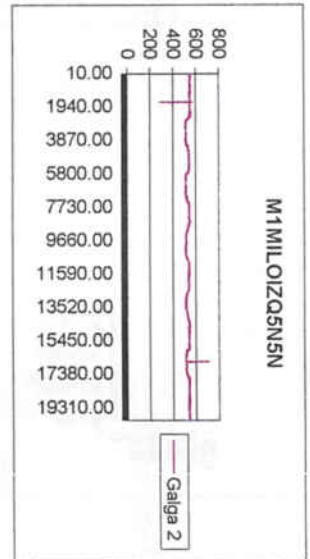
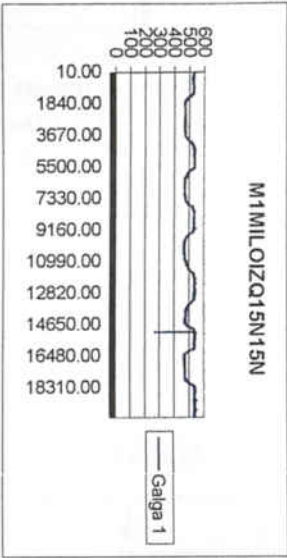
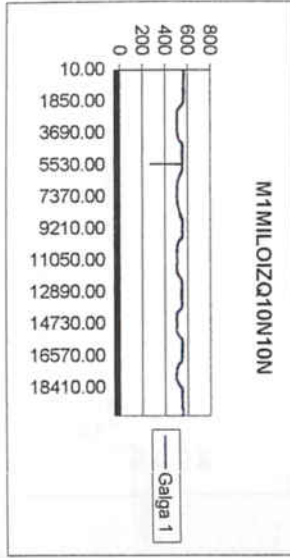
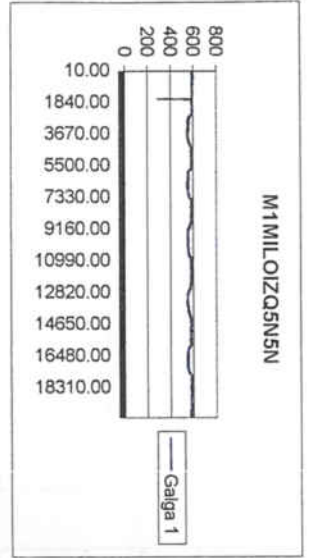
Graficos Mandibula 1



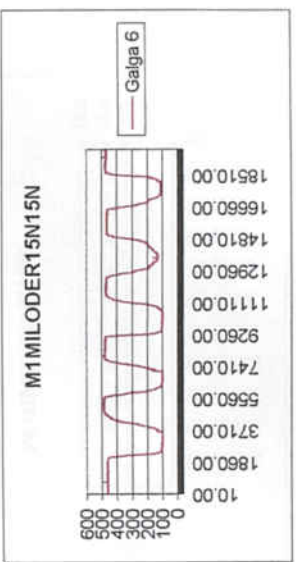
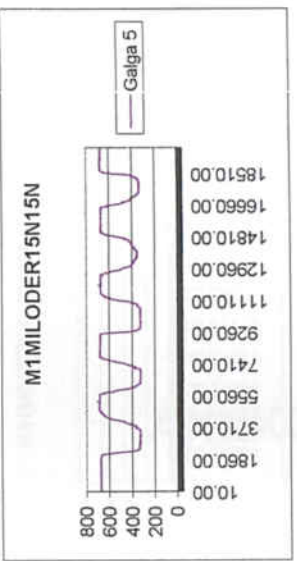
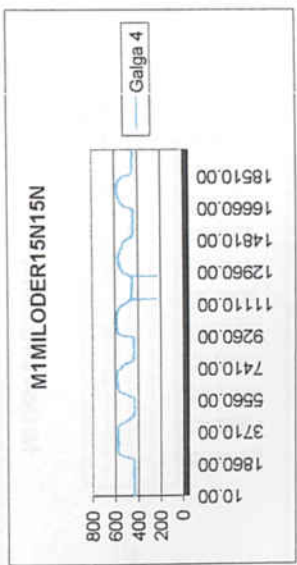
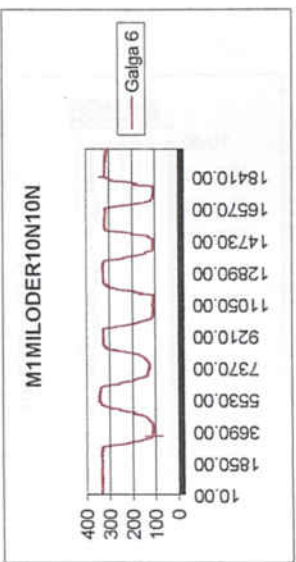
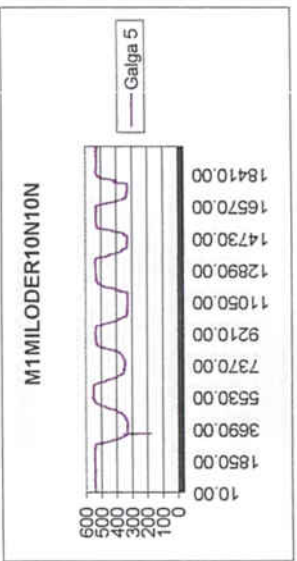
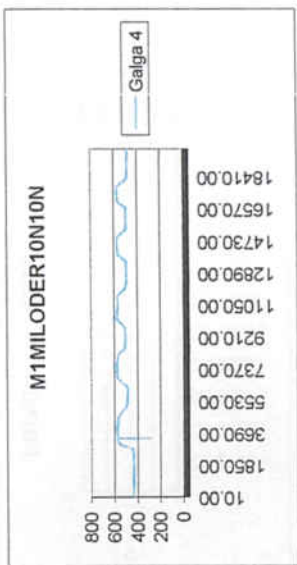
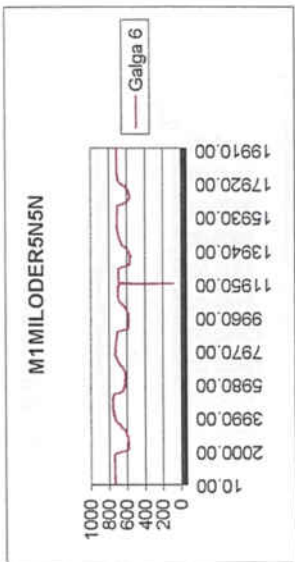
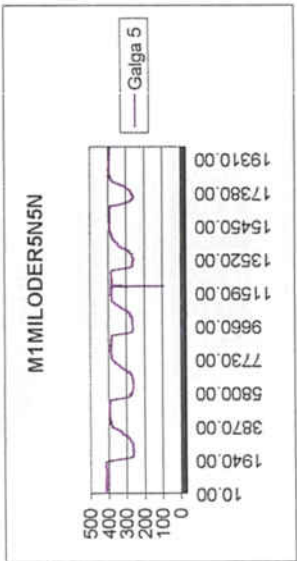
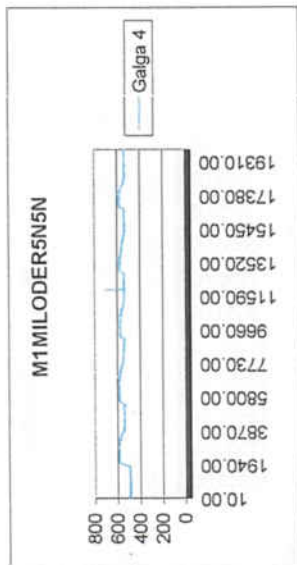


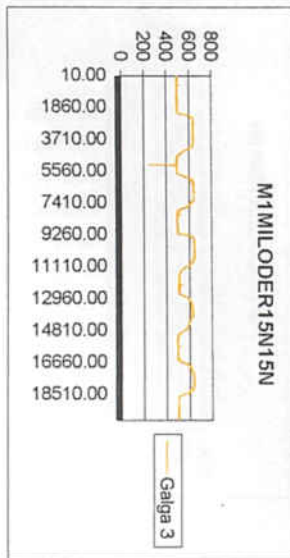
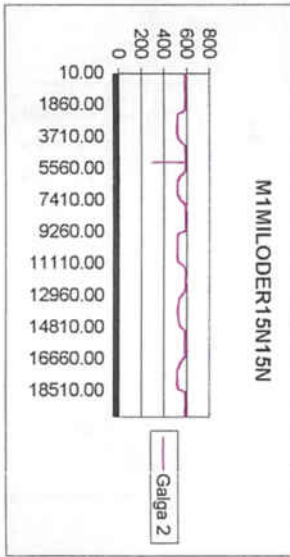
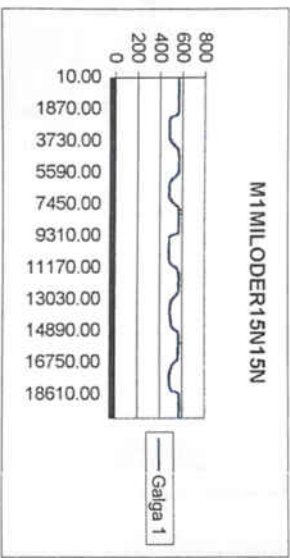
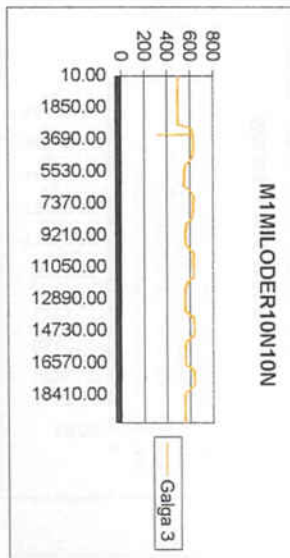
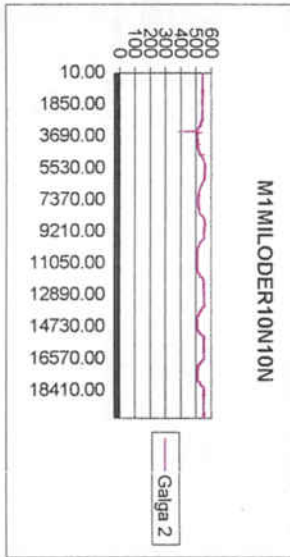
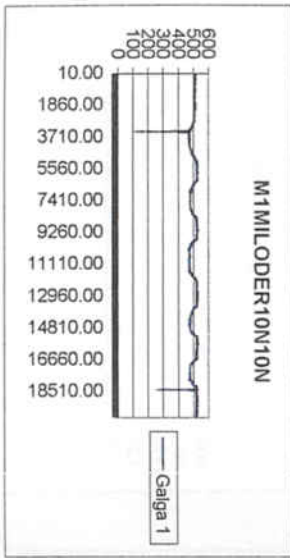
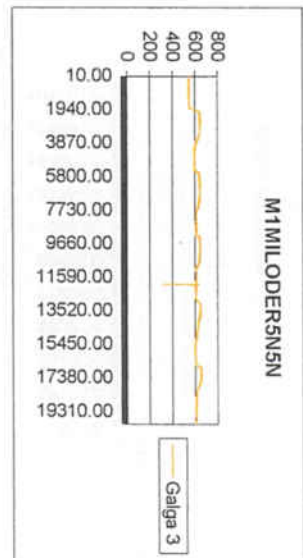
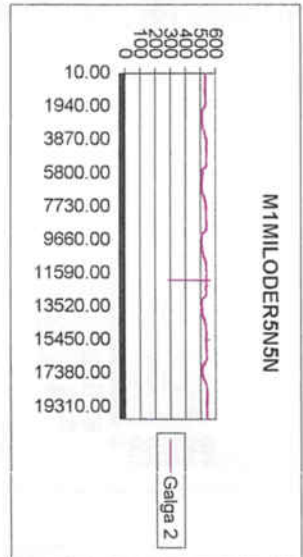
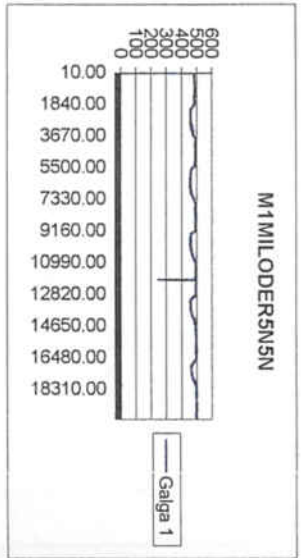
Graficos Mandibula 1





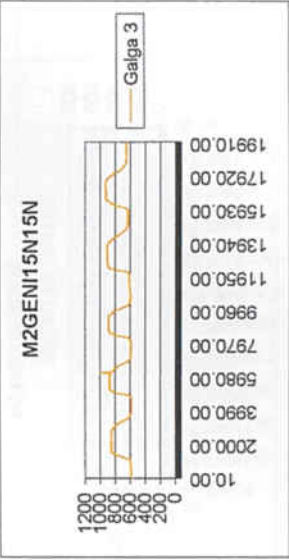
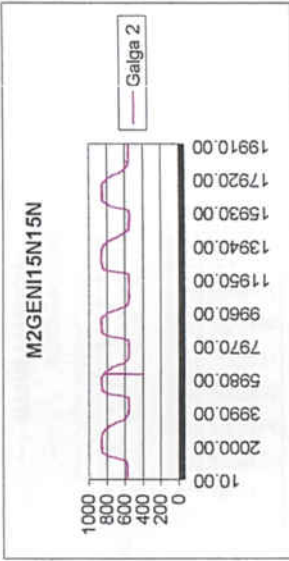
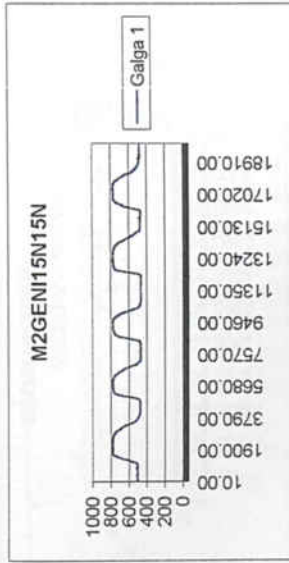
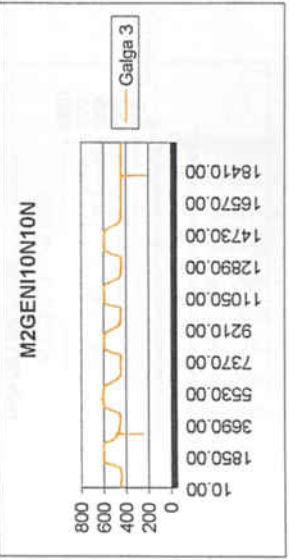
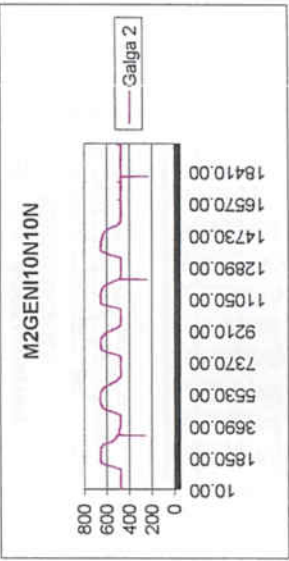
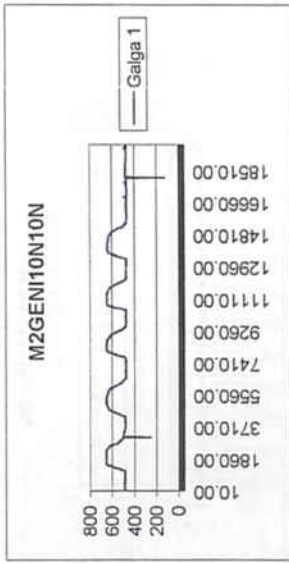
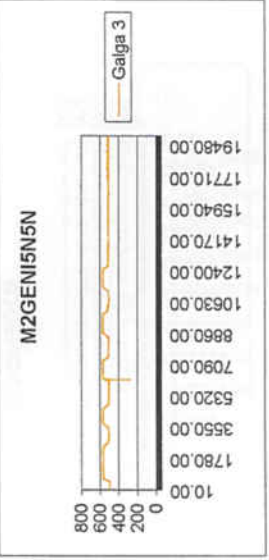
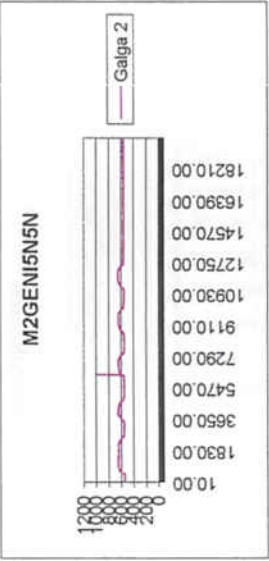
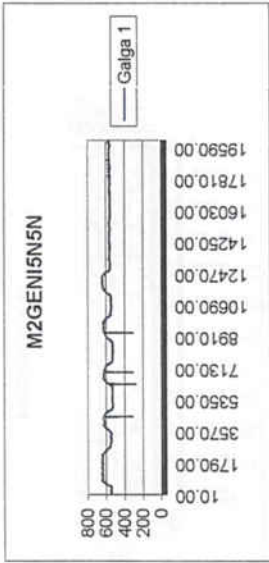
Graficos Mandibula 1

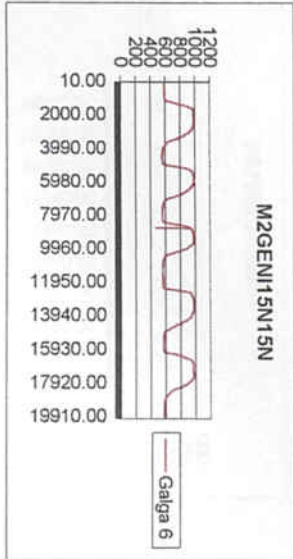
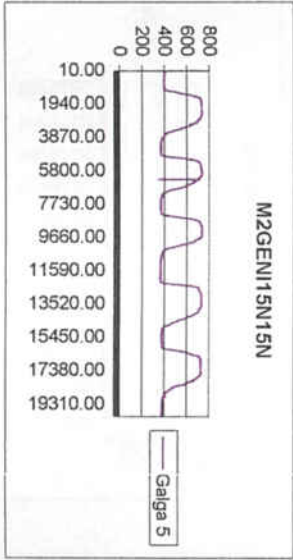
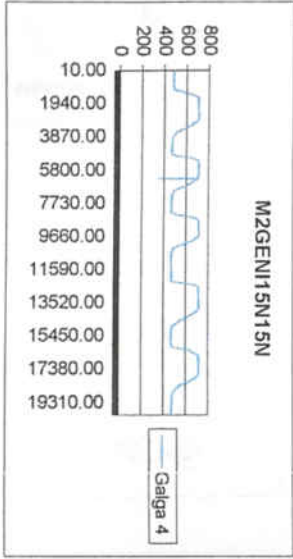
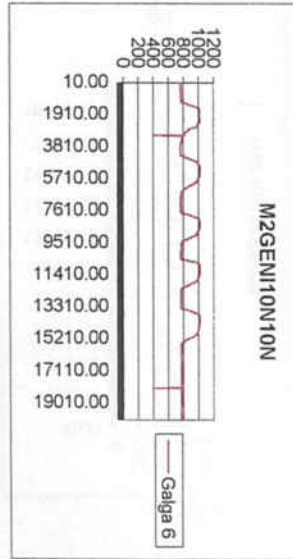
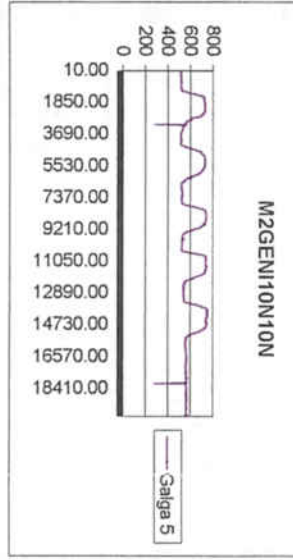
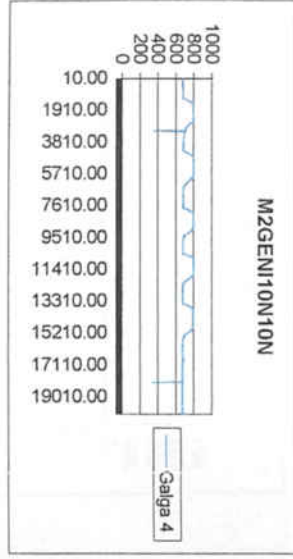
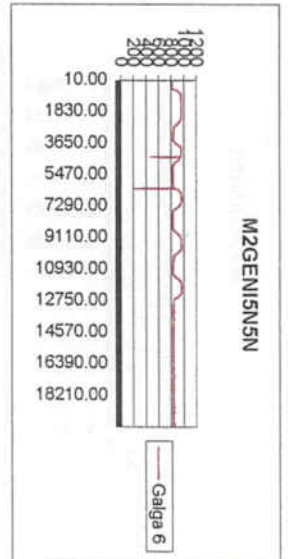
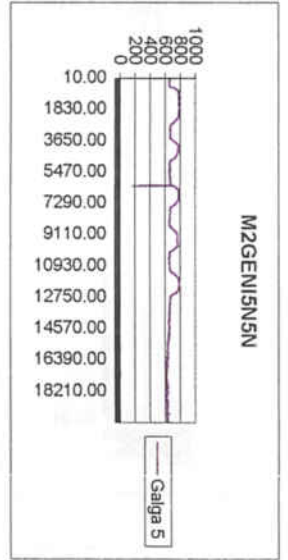
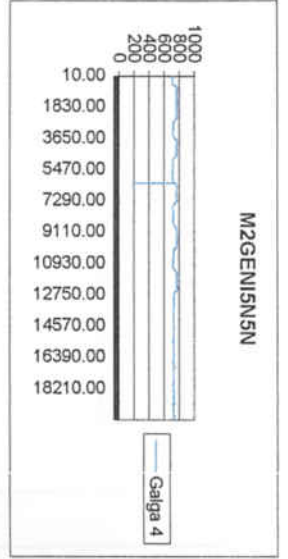




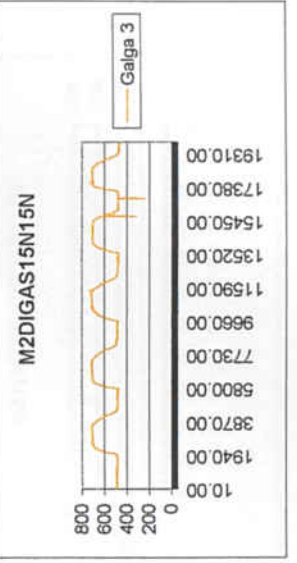
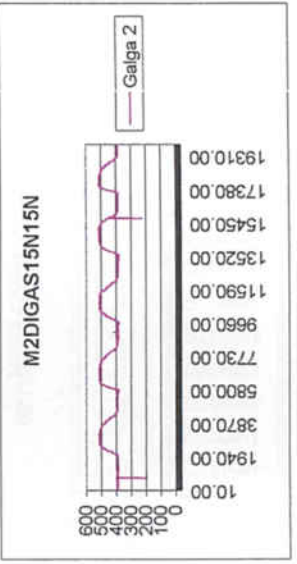
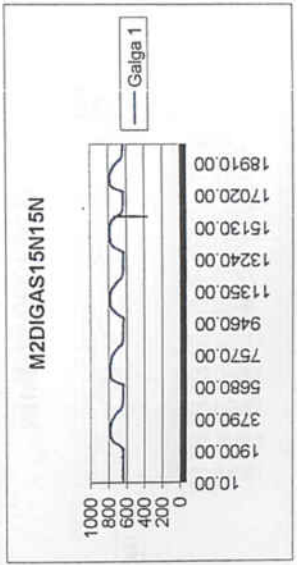
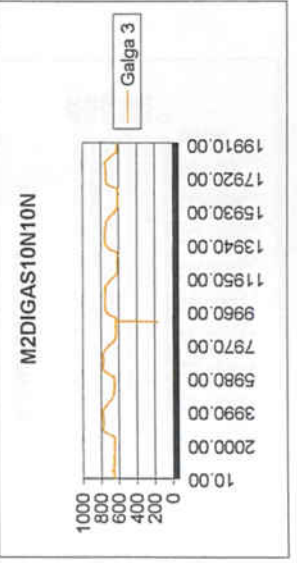
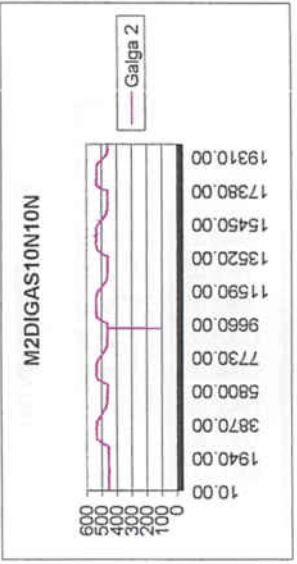
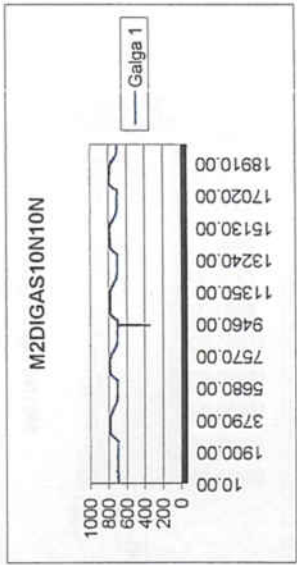
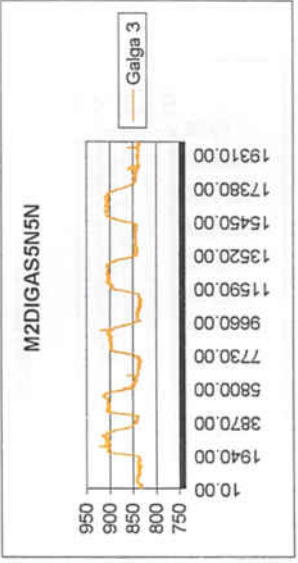
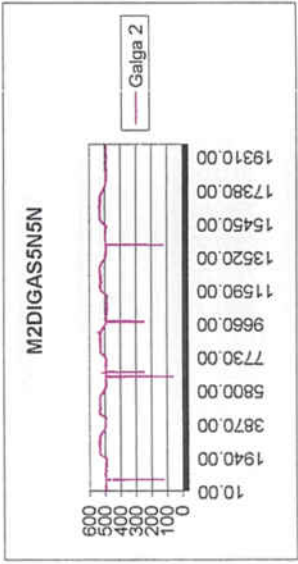
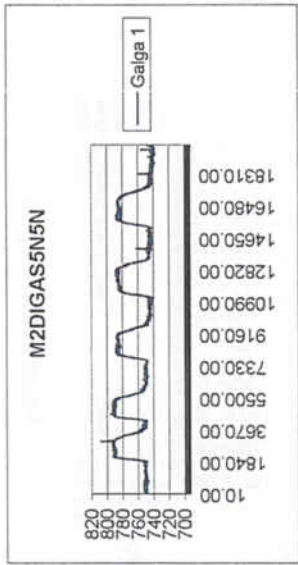
ANEXO II

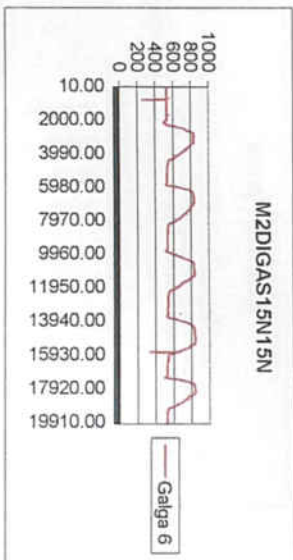
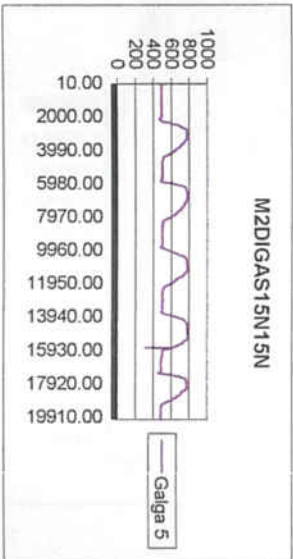
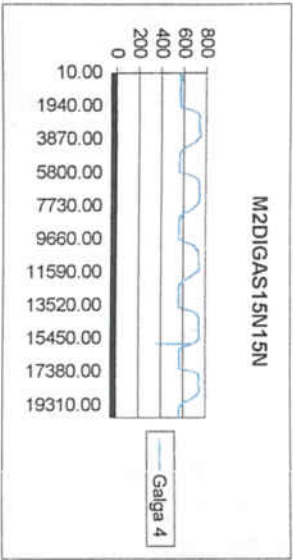
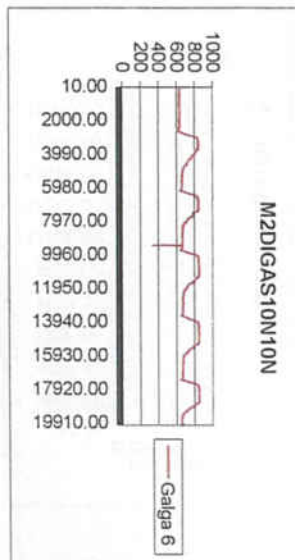
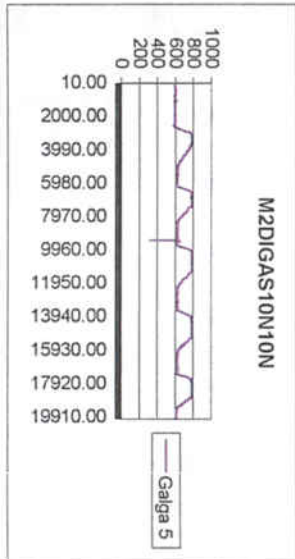
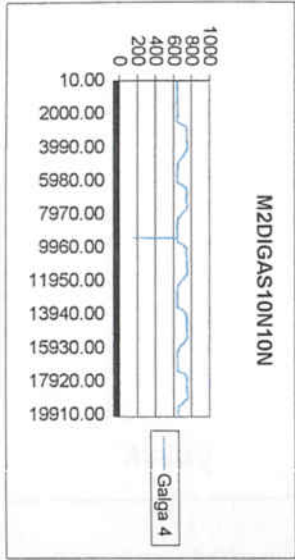
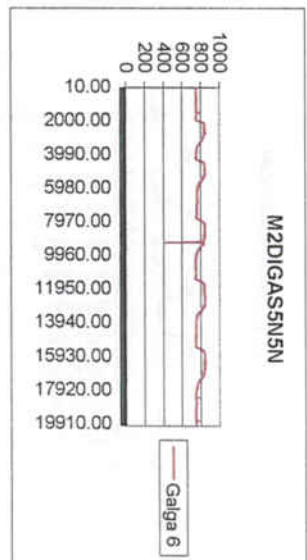
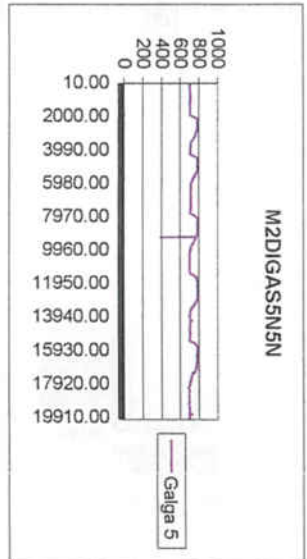
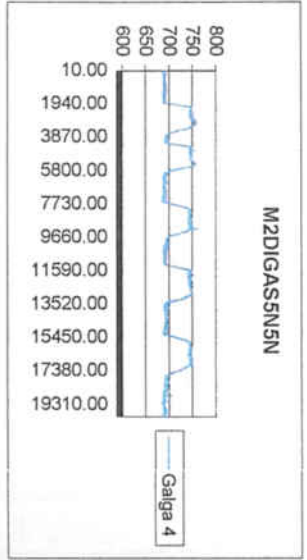
Graficos Mandibula 2



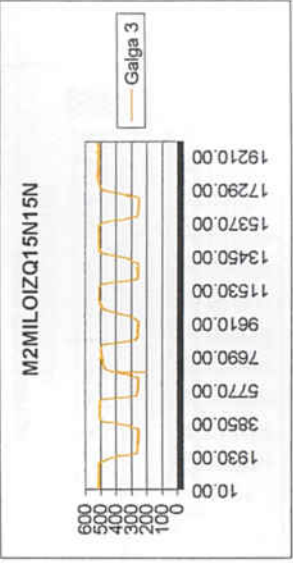
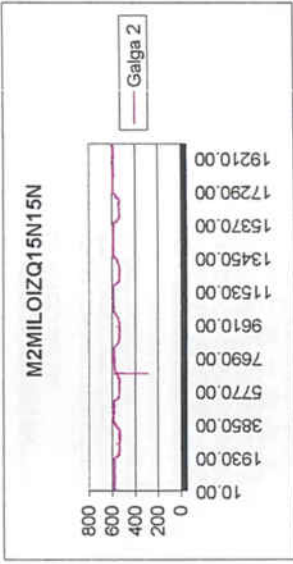
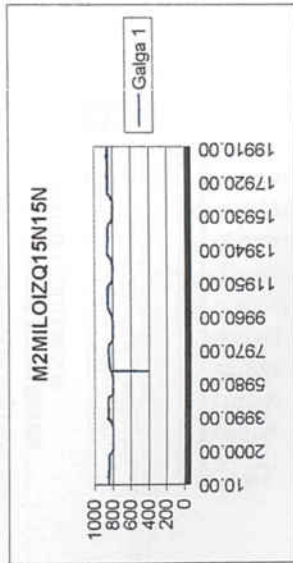
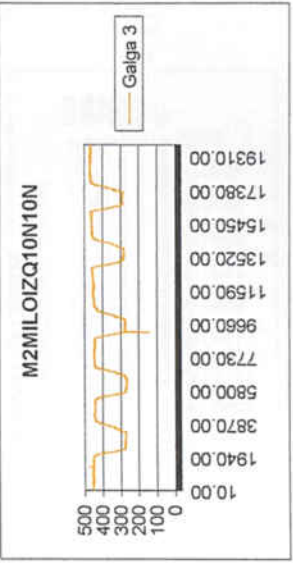
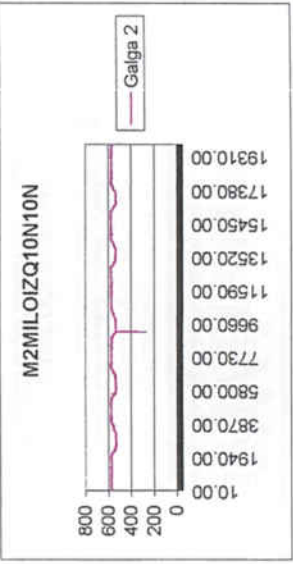
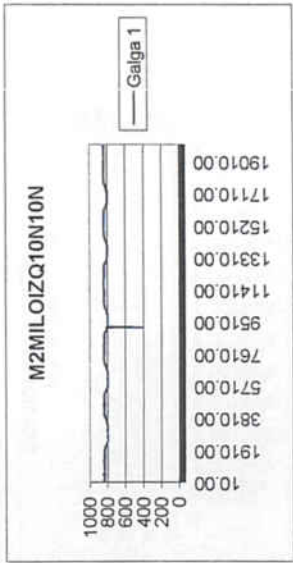
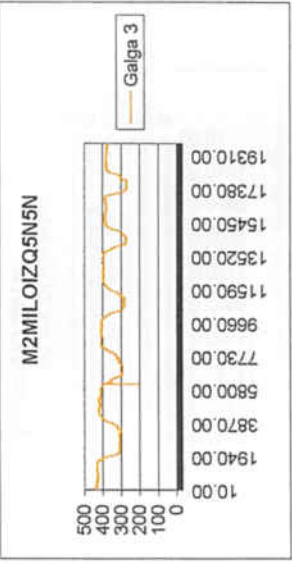
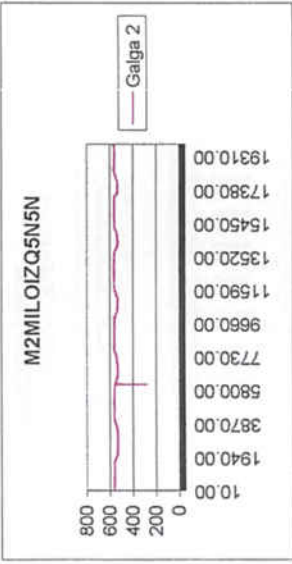
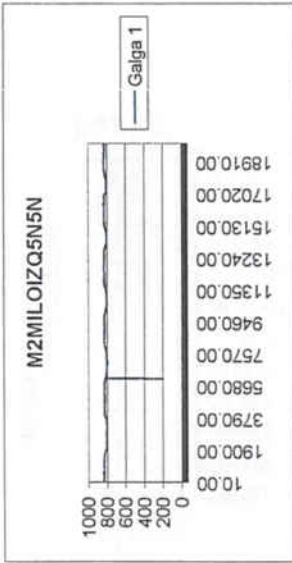


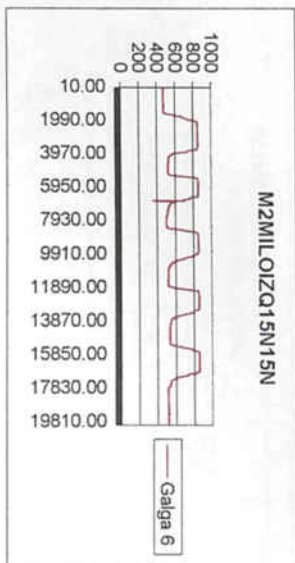
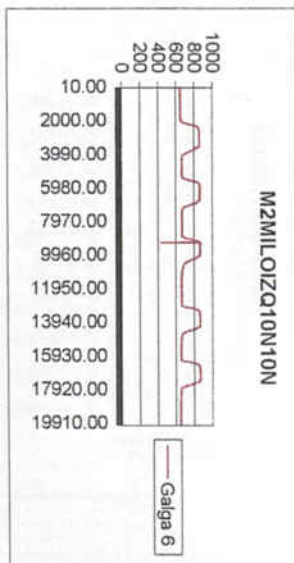
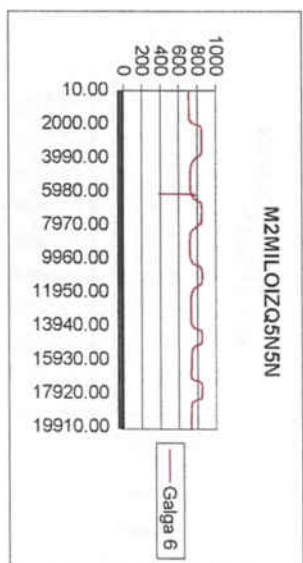
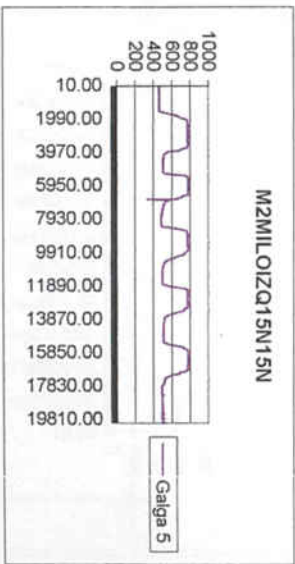
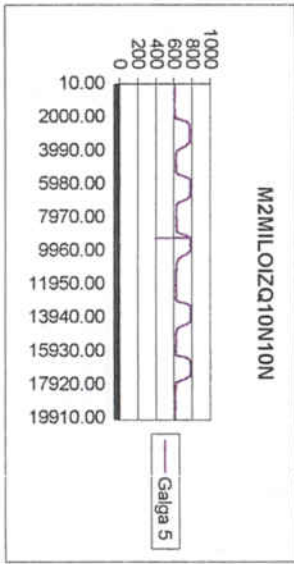
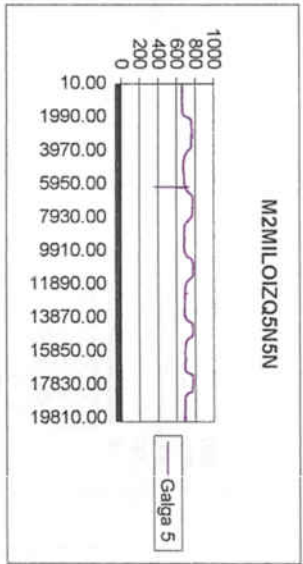
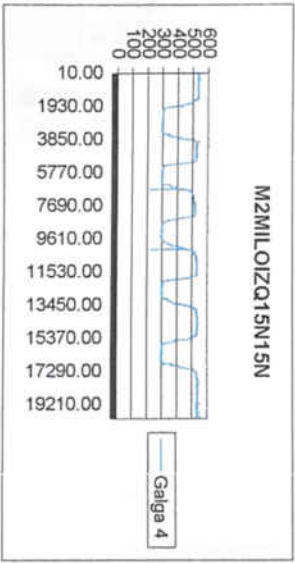
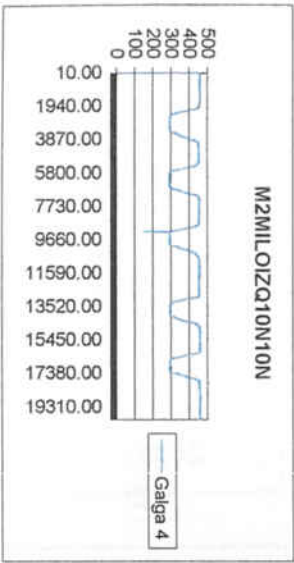
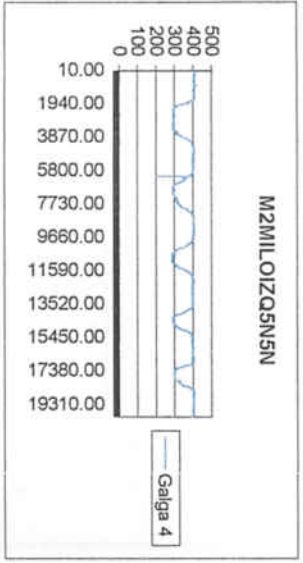
Gráficos Mandibula 2



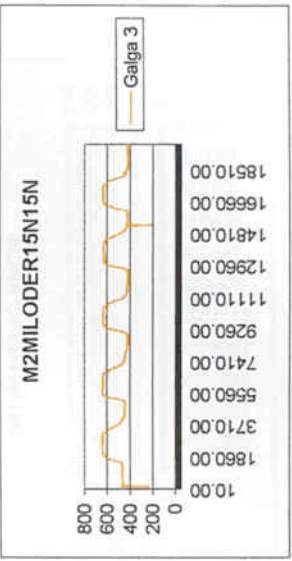
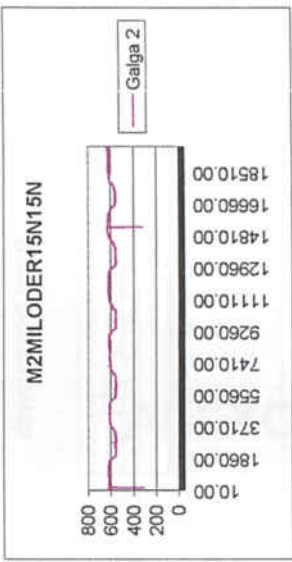
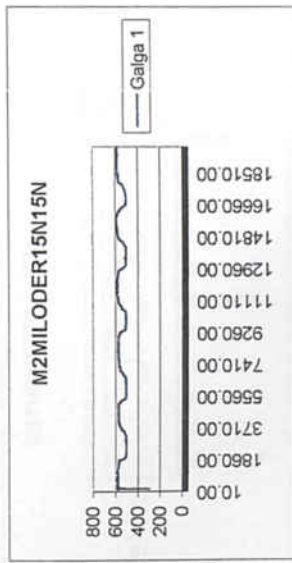
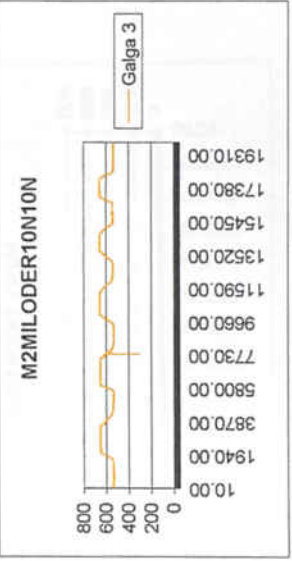
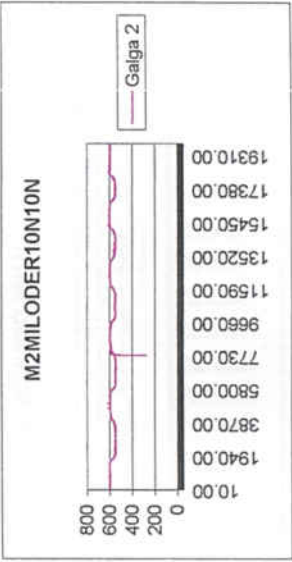
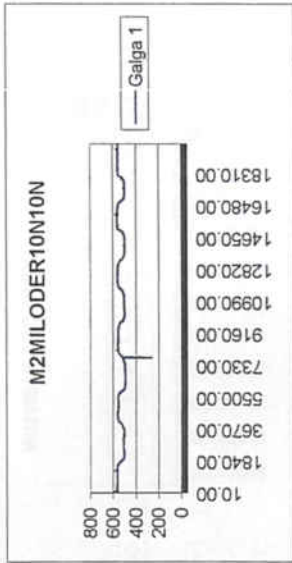
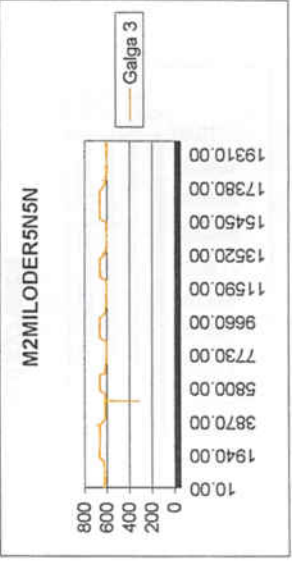
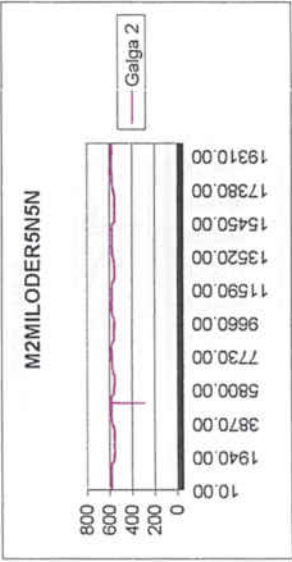
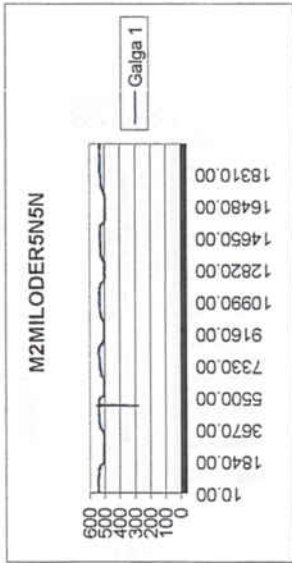


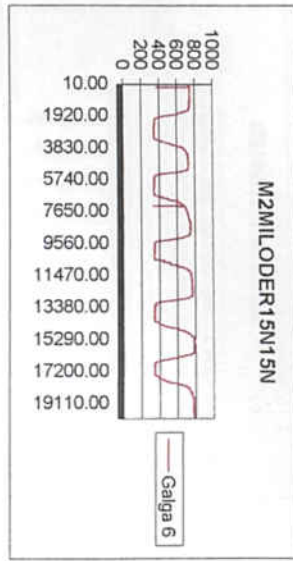
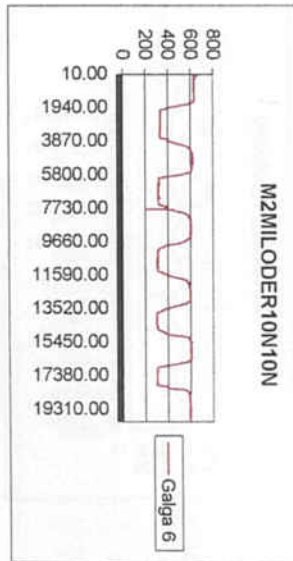
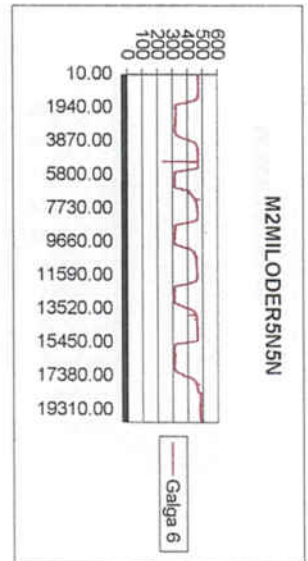
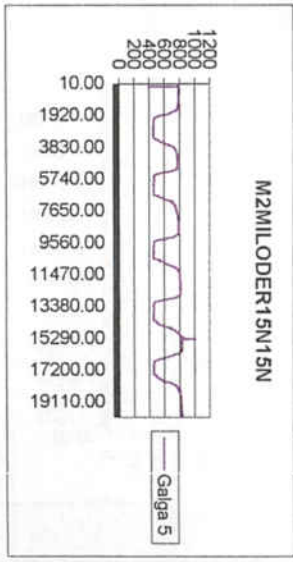
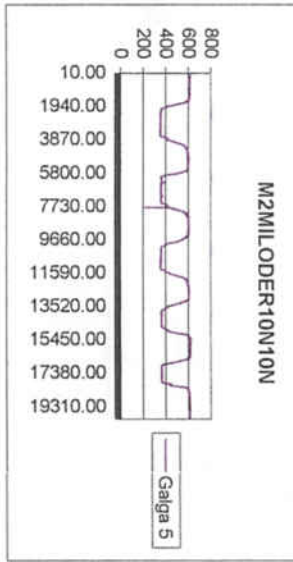
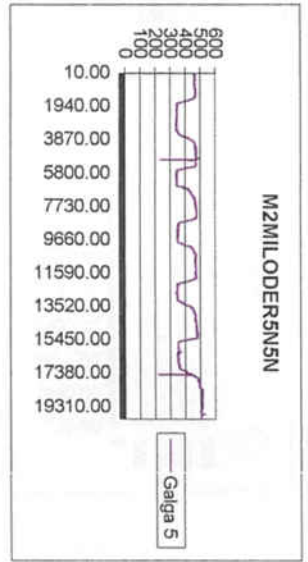
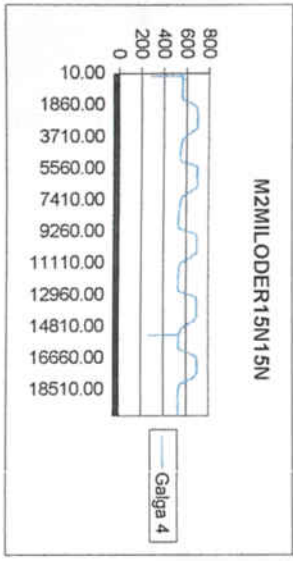
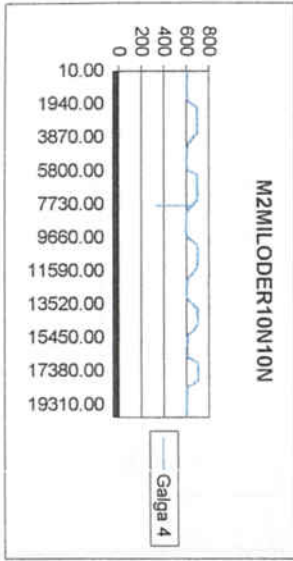
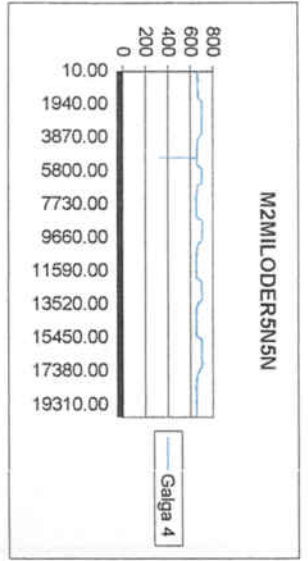
Graficos Mandibula 2





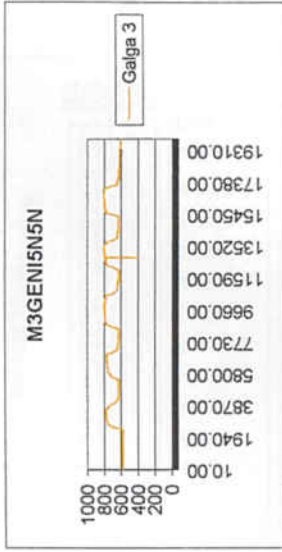
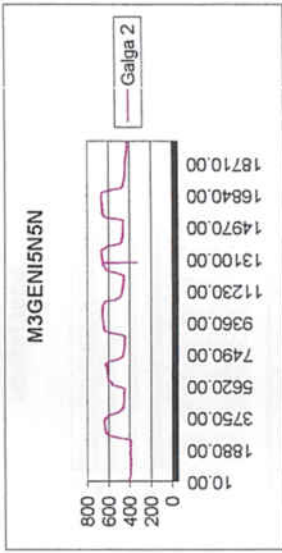
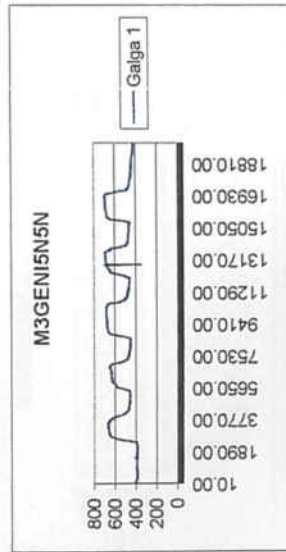
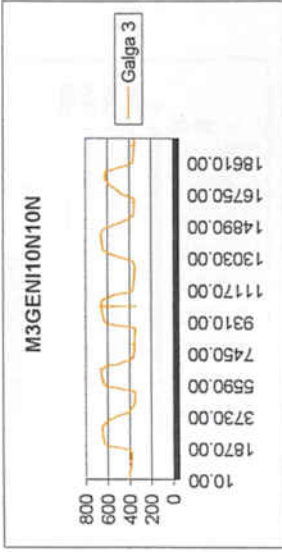
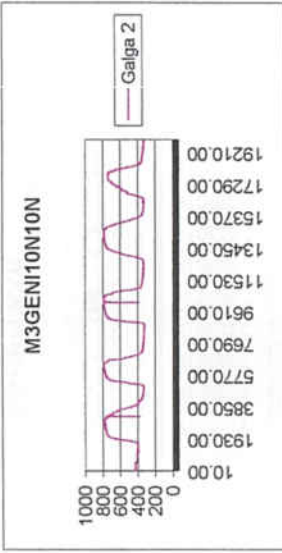
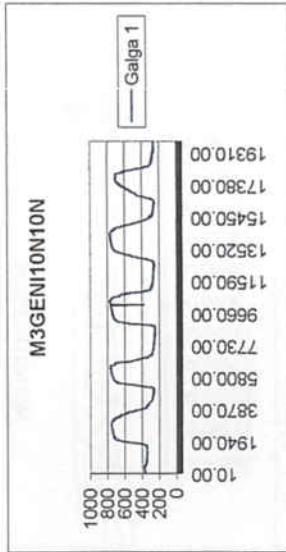
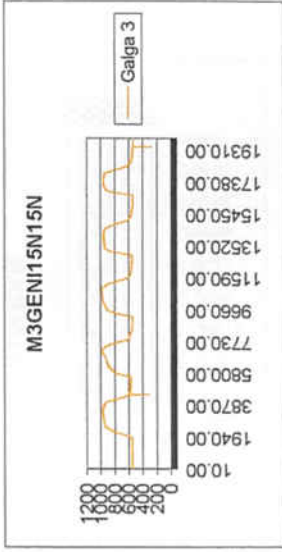
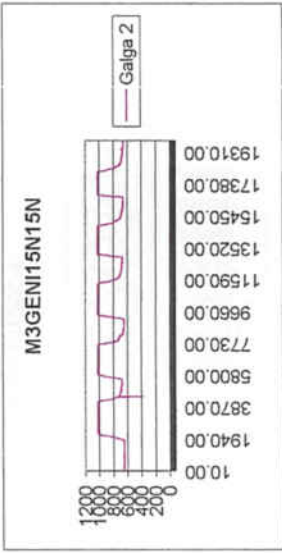
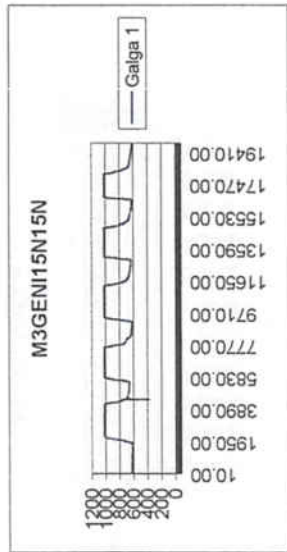
Graficos Mandibula 2

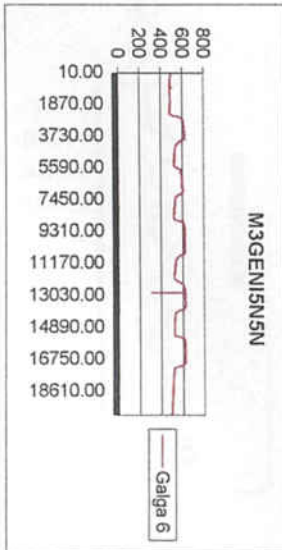
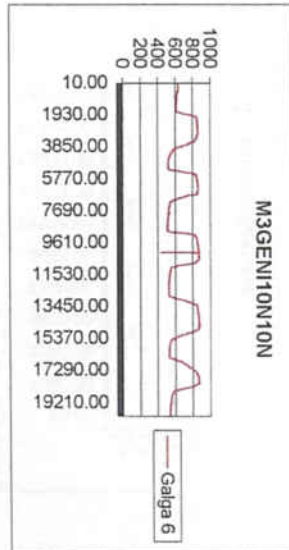
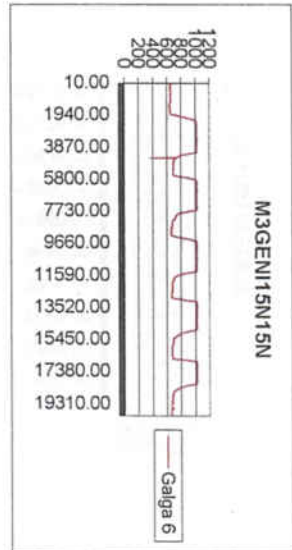
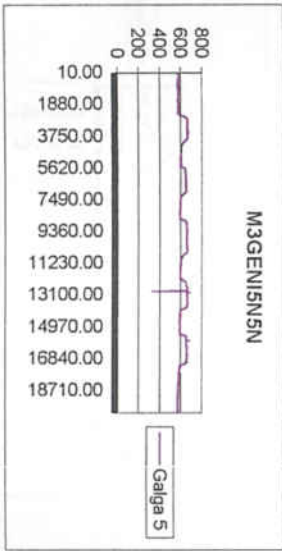
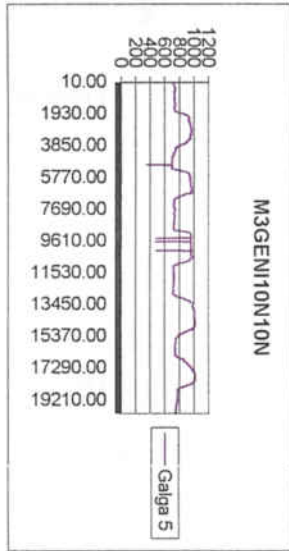
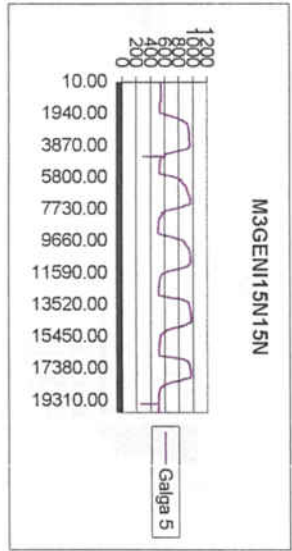
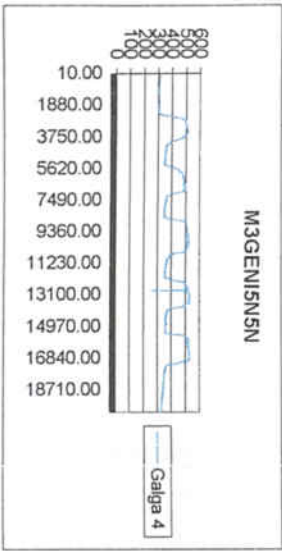
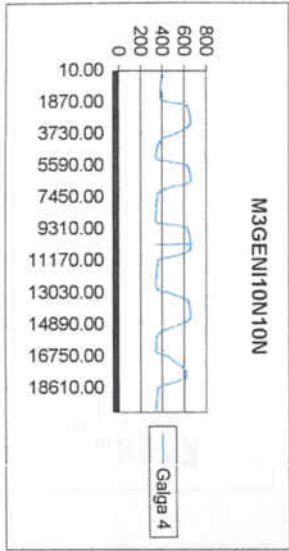
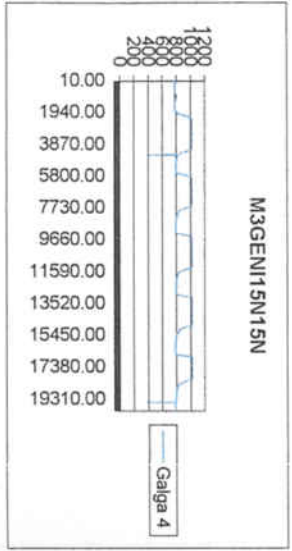


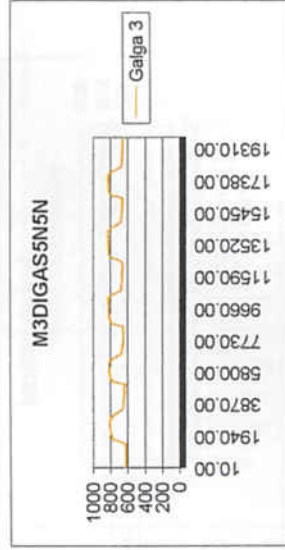
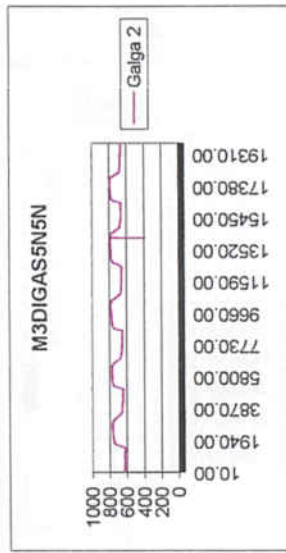
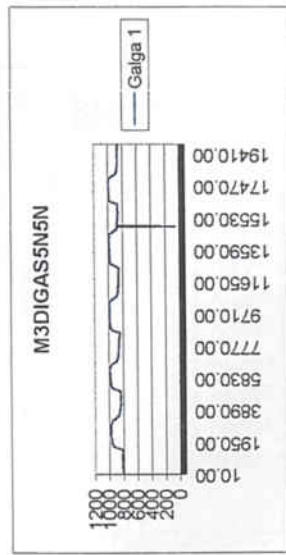
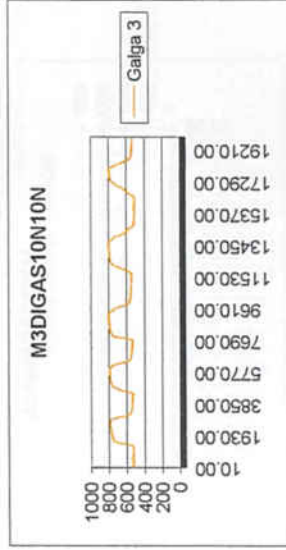
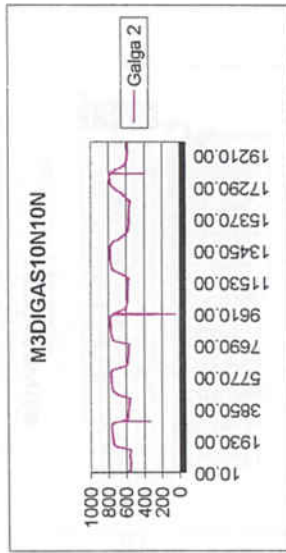
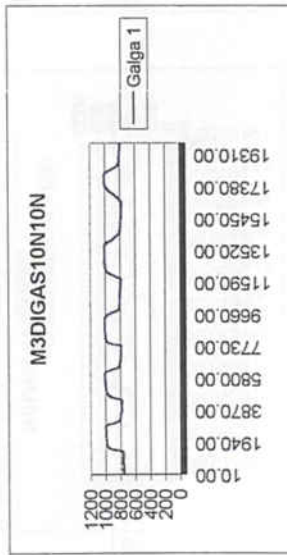
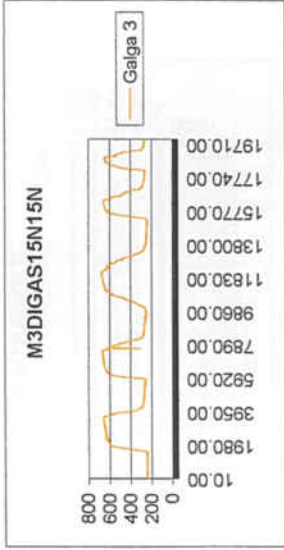
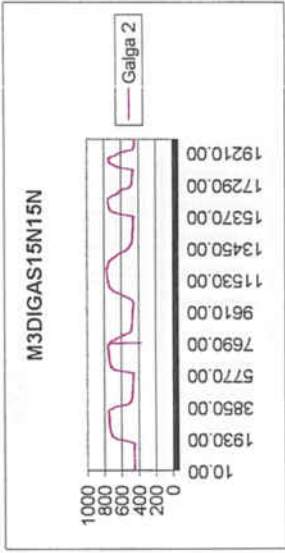
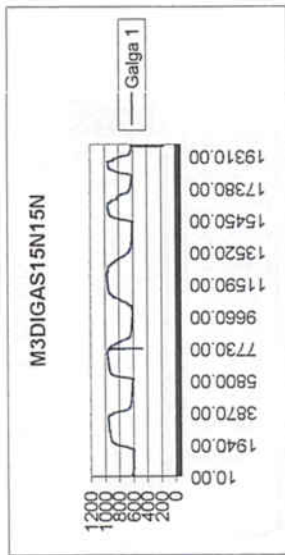


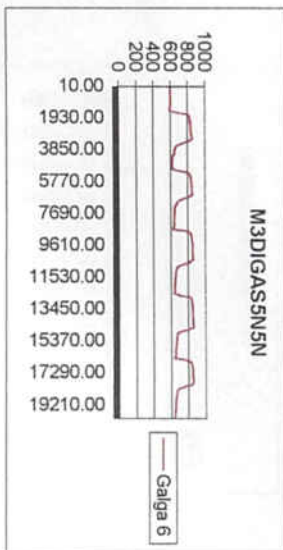
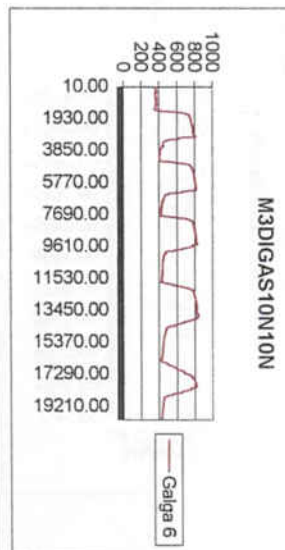
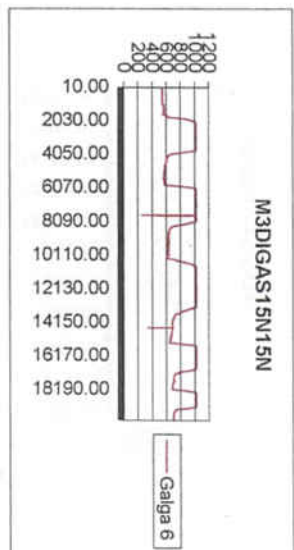
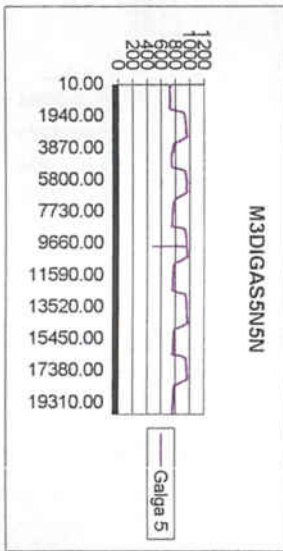
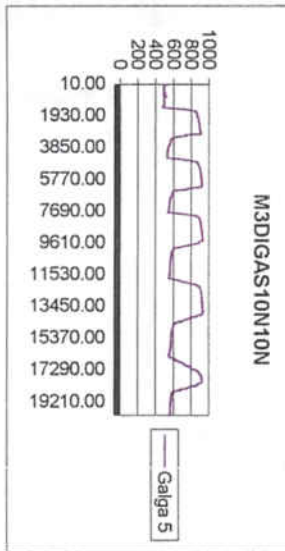
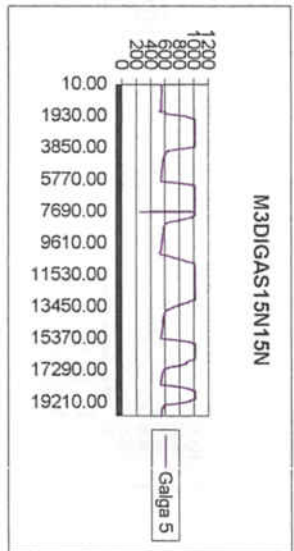
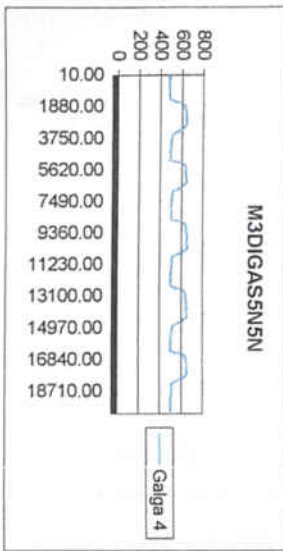
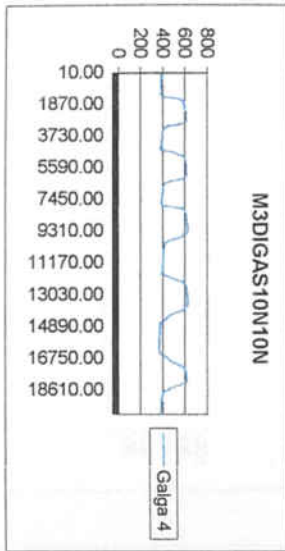
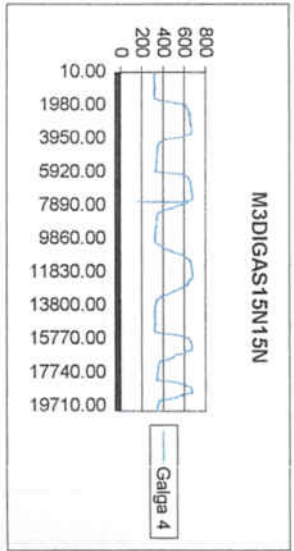
ANEXO III

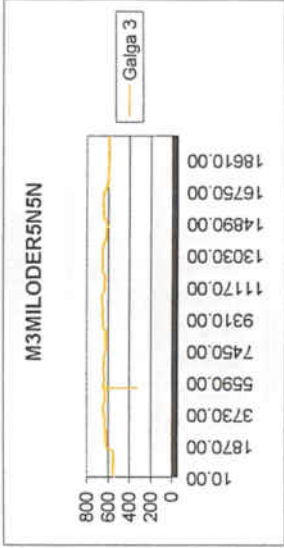
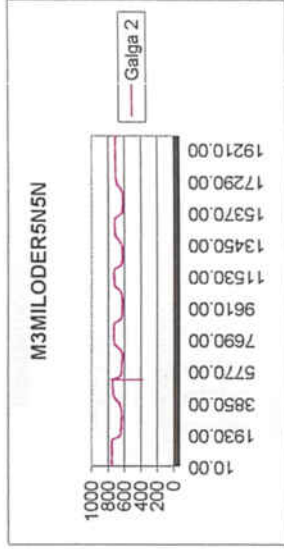
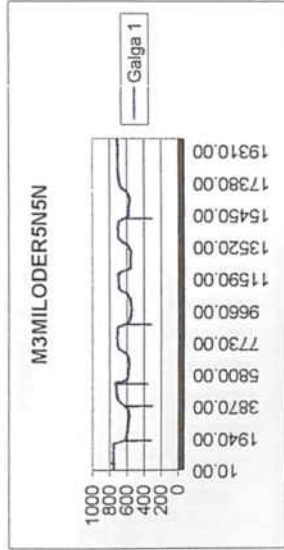
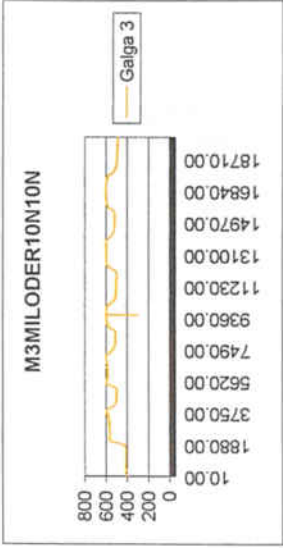
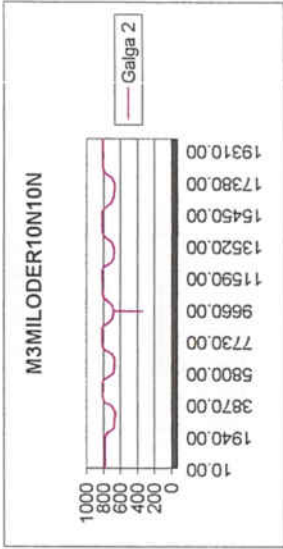
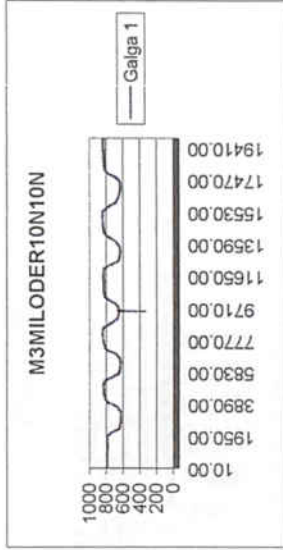
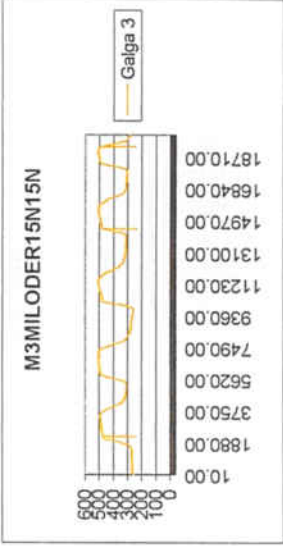
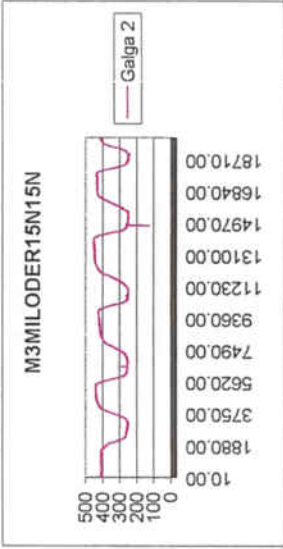
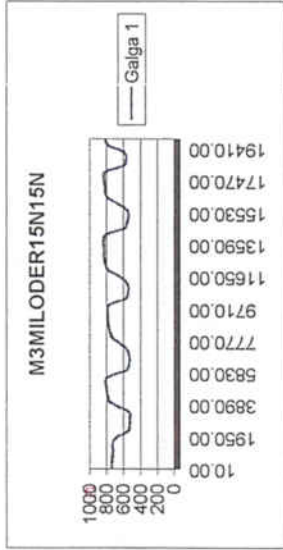
Graficos Mandibula 3

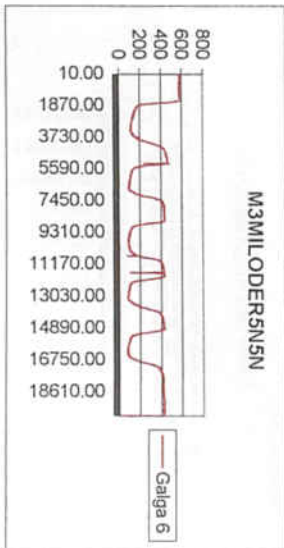
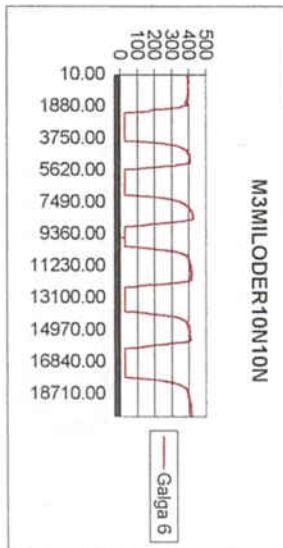
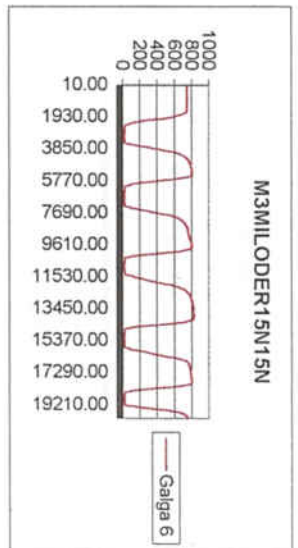
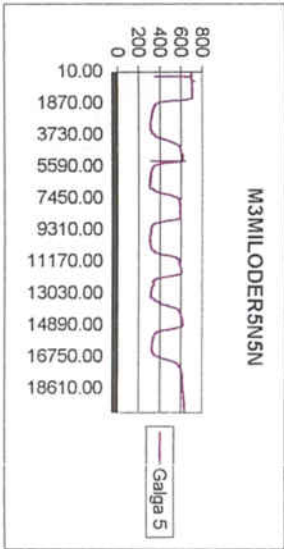
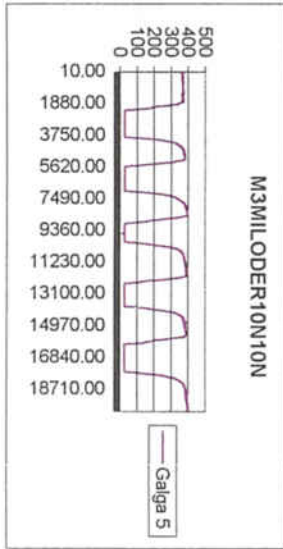
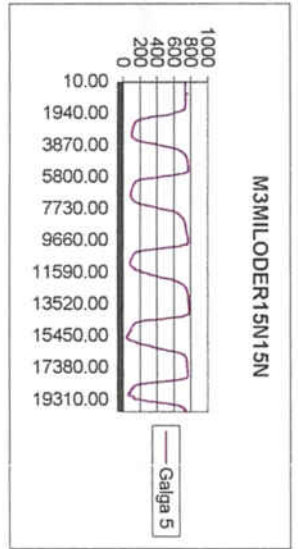
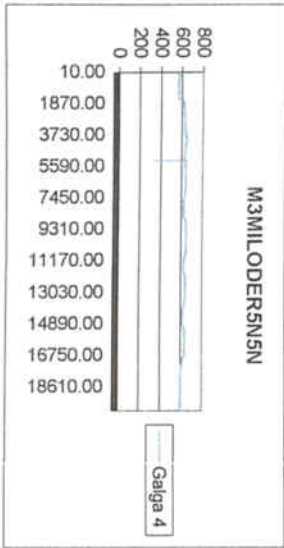
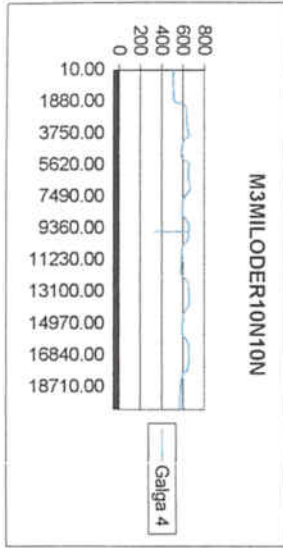
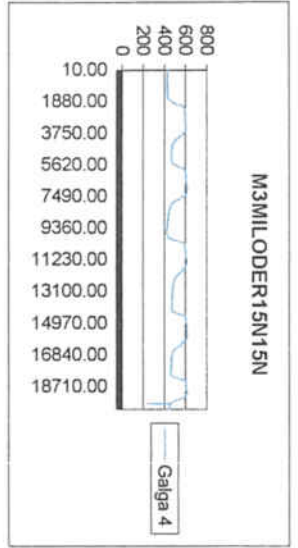




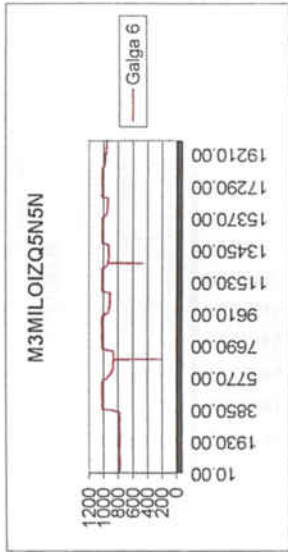
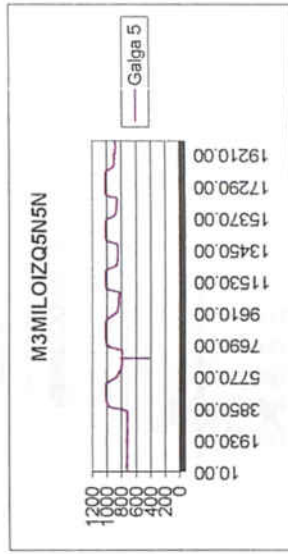
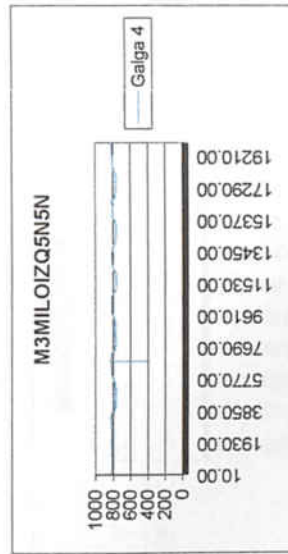
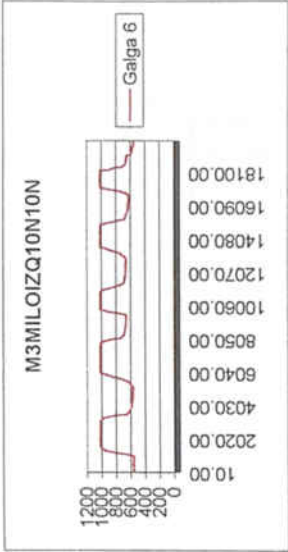
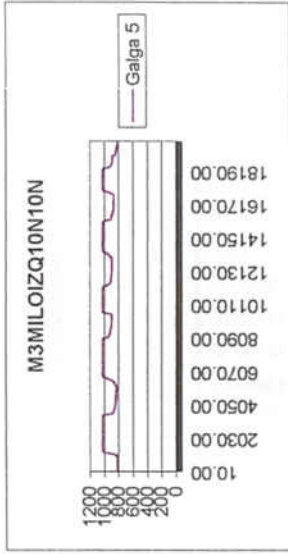
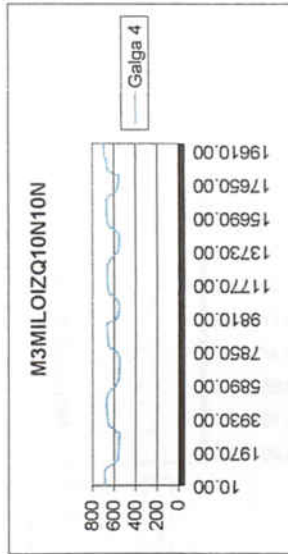
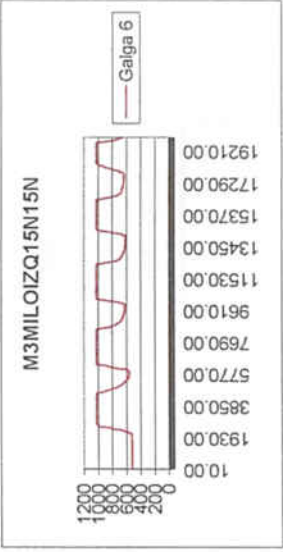
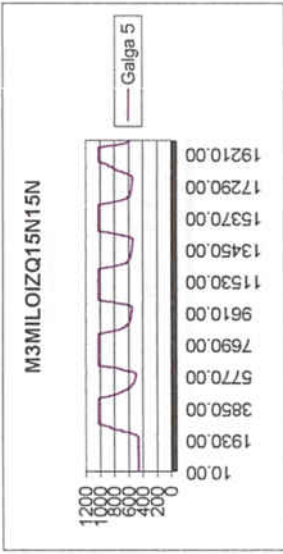
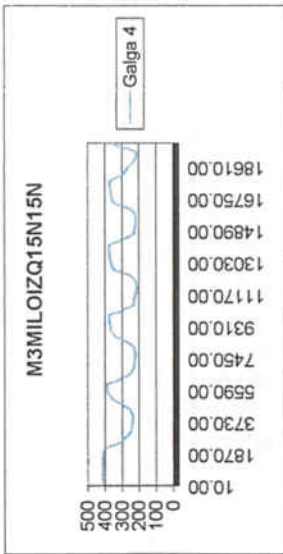


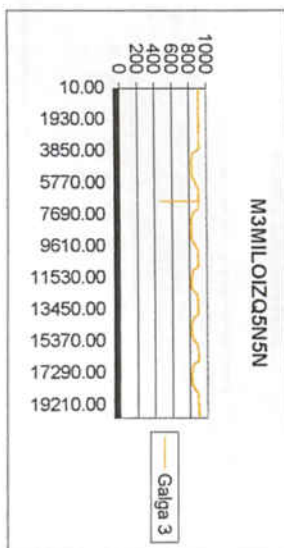
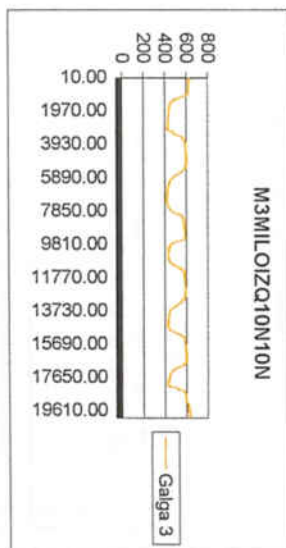
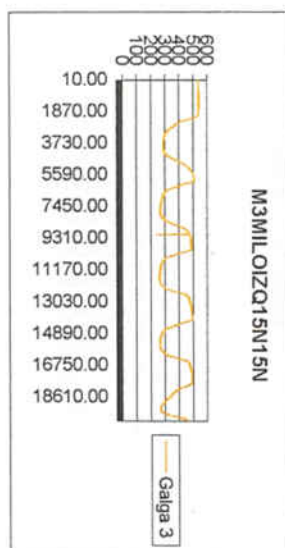
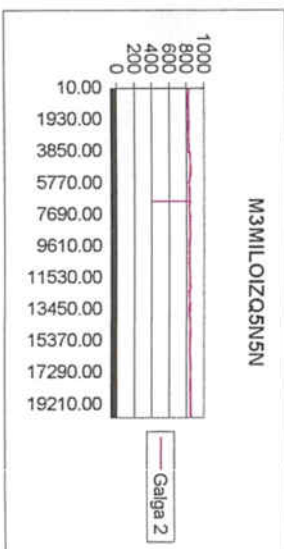
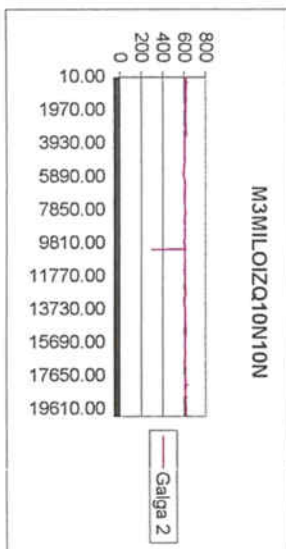
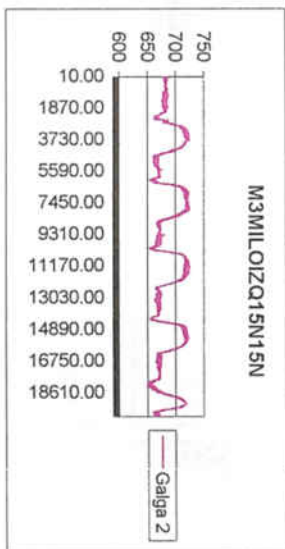
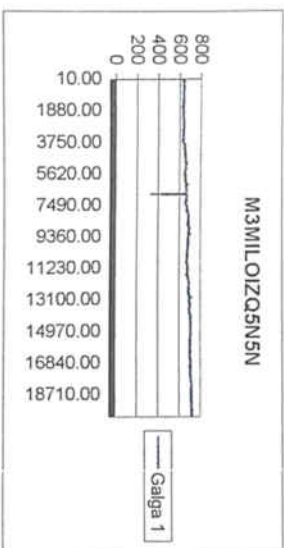
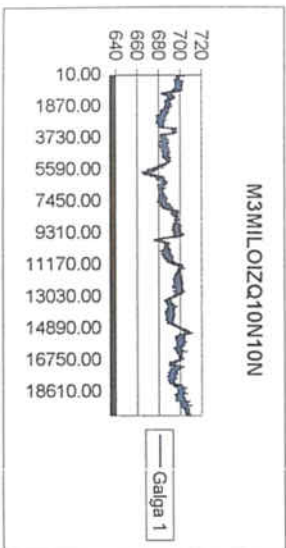
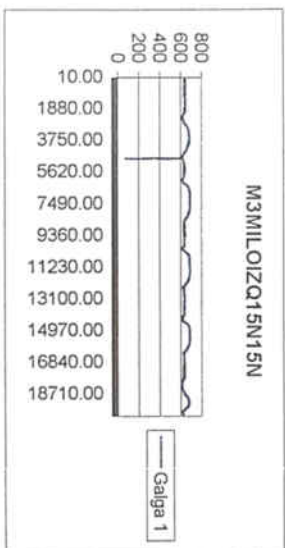






Graficos Mandibula 3





ANEXO IV

Valores promedio Mandibula 1

	MIGENI15N15N					MIGENI15N10N					MIGENI5N15N				
	Media	Desv Est	Varianza	Dif-Nivel	Dif-Nivel	Media	Desv Est	Varianza	Dif-Nivel	Dif-Nivel	Media	Desv Est	Varianza	Dif-Nivel	Dif-Nivel
Galga 1	Pico 1	721.070701	33.89765202	1149.050813	167.8474598	718.0561404	9.758907407	95.23627378	81.44580413	81.44580413	771.5889582	11.40429963	130.058005	43.40950703	43.40950703
	Pico 2	729.6159537	21.07055032	443.9880907	176.3929064	745.7602691	12.85885453	164.7748342	108.1700323	108.1700323	773.5846259	14.47167494	209.5782743	45.38417472	47.81425719
	Pico 3	730.4659091	24.87408073	608.8102597	177.2426619	745.1518987	13.76702291	189.5309169	109.5416625	109.5416625	775.994709	11.35881576	129.2469719	47.81425719	47.81425719
	Pico 4	708.8325581	63.23624188	3998.8223	158.6093108	728.388601	39.06204033	1525.842984	91.77838482	91.77838482	774.3038874	10.17575749	103.5460405	46.12341828	46.12341828
	Pico 5	719.006135	53.78414757	2892.73453	165.7828877	743.464	20.9174816	437.5410323	106.8537638	106.8537638	771.2055556	11.84287128	140.2539002	43.02510443	43.02510443
Nivel	563.2232472	24.45347164	597.9722753	155.622224	638.6102362	39.37331313	1550.251727	98.47776378	98.47776378	728.1804511	14.98840422	224.6522809	43.02510443	43.02510443	
Galga 2	Pico 1	722.0555556	31.68807274	1004.133954	156.8518286	714.9265158	9.468971892	90.23046701	79.31807957	79.31807957	723.53555649	12.1733708	148.1906567	42.32691824	42.32691824
	Pico 2	732.2195122	36.78490768	1353.129433	167.0257853	737.1973082	11.44027152	130.8798125	101.5870732	101.5870732	720.7210884	14.05799257	197.6271155	39.51244182	39.51244182
	Pico 3	739.1022727	24.55084044	602.7437662	173.9085458	737.7911392	12.32285471	151.8478191	102.180903	102.180903	723.1428571	11.15584544	124.4528875	41.93421053	41.93421053
	Pico 4	712.4976744	60.35811155	3643.10163	147.3039475	722.826943	37.86290648	1433.599687	87.01670678	87.01670678	723.8500287	9.60409928	92.33873542	42.64218211	42.64218211
	Pico 5	721.8159509	52.00786257	2704.817789	156.622224	734.088	19.98709096	399.484129	98.47776378	98.47776378	732.3555556	11.2317498	126.1522036	51.14690894	51.14690894
Nivel	565.1637269	25.86585	670.1341804	155.622224	635.6102362	24.65301376	607.7710872	98.47776378	98.47776378	681.2088466	9.395144983	88.26874925	51.14690894	51.14690894	
Galga 3	Pico 1	740.3232323	28.57898372	874.7376301	151.4938985	737.5438596	8.15782962	68.55176674	72.81492284	72.81492284	758.4518828	11.87146408	143.3158623	35.62293548	35.62293548
	Pico 2	752.4329268	16.12469796	328.5048776	163.603591	764.5695087	13.16298845	173.2642912	98.94056972	98.94056972	761.047619	12.40854563	153.9223744	38.21867168	38.21867168
	Pico 3	756.4545455	21.73982016	472.4893506	167.6252097	762.8177215	12.75340104	162.6492381	98.28879451	98.28879451	764.5079365	9.900902091	98.02786221	41.67898914	41.67898914
	Pico 4	734.9767442	58.05221983	3370.060204	146.1474084	745.2801554	36.31730471	1318.946621	80.98121843	80.98121843	765.9569011	8.662706277	75.04249005	43.12685374	43.12685374
	Pico 5	744.0306748	48.21882007	2325.054609	155.2013391	759.888	18.79739858	363.3421935	96.25806293	96.25806293	766.4055556	9.062303514	82.48823712	43.57868019	43.57868019
Nivel	588.8283358	24.7117205	610.9716779	155.622224	664.828937	29.88722826	893.2464131	96.25806293	96.25806293	722.8289474	15.853812535	244.1757834	43.57868019	43.57868019	
Galga 4	Pico 1	653.3889899	33.38084185	1113.478593	160.3058186	638.6947105	10.05060779	101.0126019	77.59070659	77.59070659	638.0952343	13.86986132	192.3730653	40.47875311	40.47875311
	Pico 2	666.9634146	21.3420551	455.4833159	173.8702412	667.6098655	13.9042832	183.3290914	108.5163615	108.5163615	639.2789116	14.13282505	198.736744	43.66143039	43.66143039
	Pico 3	671.1420455	24.12342654	581.9397078	178.048872	687.4810127	13.62283081	185.5760703	108.3875087	108.3875087	646.7513228	11.70046284	136.9005988	50.13384155	50.13384155
	Pico 4	648.2978744	61.89928116	3806.798828	155.204501	650.7512953	40.54074996	1943.552407	91.6577914	91.6577914	647.0165746	9.690779796	91.98305709	51.39909338	51.39909338
	Pico 5	658.2576687	52.81830749	2768.686283	165.1644963	663.92	21.36193479	456.3322581	104.8264981	104.8264981	649.1944444	11.29547159	127.5876785	53.57896324	53.57896324
Nivel	493.0931734	24.77804686	613.9516062	155.622224	559.0929038	24.90652707	620.3350908	96.25806293	96.25806293	595.8174812	15.25331156	232.6635135	53.57896324	53.57896324	
Galga 5	Pico 1	575.4343434	40.52427025	1842.21648	183.2258953	573.8245614	12.46900779	155.4761552	91.62278975	91.62278975	592.1297071	10.78662528	116.597139	42.63534621	42.63534621
	Pico 2	584.9878049	24.167612	594.07347	192.7793176	590.7215731	8.788498354	77.23768818	108.5202014	108.5202014	599.9183673	18.09539635	259.0617836	50.42406644	50.42406644
	Pico 3	591.3088182	29.21678934	853.6196104	199.0983311	599.2856228	13.01387126	169.3556398	117.0640511	117.0640511	597.2862963	13.4768137	181.6245075	47.80193539	47.80193539
	Pico 4	562.4604651	72.05934126	5192.548663	170.251978	585.4404145	43.54807956	1896.435233	104.2386429	104.2386429	600.7403315	12.87078783	160.5488643	51.24597059	51.24597059
	Pico 5	572.3803681	56.97686301	3597.200106	180.171881	597.36	22.86051674	522.6032268	115.1582263	115.1582263	600.1166667	12.11872138	146.8534078	50.62220376	50.62220376
Nivel	392.2084871	23.58833985	596.4589547	155.622224	482.2017717	26.23812209	688.439051	96.25806293	96.25806293	549.4943609	13.85766904	194.8165251	50.62220376	50.62220376	
Galga 6	Pico 1	623.3434343	46.27805208	2141.658104	206.3415890	626.9017544	14.84572325	214.4973561	120.7600221	120.7600221	618.6820084	13.06272565	171.4194649	52.77875273	52.77875273
	Pico 2	639.2012185	26.84200076	720.4830046	222.1993745	644.9147982	11.19752851	126.3845988	138.7730659	138.7730659	618.2721088	17.79700381	316.3775044	50.3888532	50.3888532
	Pico 3	643.8687721	33.28090157	1107.618409	226.6829277	642.5996203	15.68778465	248.1065871	139.427868	139.427868	620.8201058	16.47061105	239.3395064	54.91785018	54.91785018
	Pico 4	613.8883721	81.35040513	6817.888416	196.6965271	622.748114	49.12730908	2413.492498	118.6043817	118.6043817	621.1878453	13.35847713	178.4762292	55.28538968	55.28538968
	Pico 5	628.0184048	69.5595247	4838.030523	211.0165598	638.432	28.68826481	712.2634839	130.2902677	130.2902677	625.4833333	15.19389579	230.8544683	59.58107769	59.58107769
Nivel	417.007845	27.38308984	748.7388954	155.622224	506.1417323	31.82510071	1012.837035	96.25806293	96.25806293	565.9022566	11.04746302	122.0468811	59.58107769	59.58107769	

Valores promedio Mandibula 1

	MIDGAS15N1N					MIDGAS10N1N					MIDGAS9N1N				
	Media	Desv Est	Varianza	Dr-Nivel	Dr-Nivel	Media	Desv Est	Varianza	Dr-Nivel	Dr-Nivel	Media	Desv Est	Varianza	Dr-Nivel	Dr-Nivel
Galga 1	Pico 1	753.5478954	30.51827058	831.261871	118.4114587	778.0487738	21.51367894	462.8384204	34.5045787	774.5688687	5.453398338	28.73955343	21.60917879		
	Pico 2	763.8737898	46.18391324	2042.488794	118.535706	784.0314138	55.33628132	3085.083745	20.48821856	775.704918	5.188938748	28.83442873	22.74742815		
	Pico 3	779.0567376	18.88314902	395.338615	133.9186488	772.5875397	11.484208777	131.4253084	28.04274465	774.4823009	5.818118771	35.02412978	21.52481101		
	Pico 4	766.3559322	28.71060307	824.2987288	121.217814	776.9818182	7.810545257	57.92039911	33.43862313	773.6343612	5.639308084	31.7804985	20.67897335		
	Pico 5	780.8782887	18.21248891	331.6844608	135.7381978	778.1098238	11.83140119	139.882954	32.56463154	777.2348399	7.600573094	57.76671121	24.27744988		
Galga 2	Nivel	645.1380908	24.78535788	612.878275	105.878275	743.9519851	31.04788785	963.8700983	67.0642853	752.9574899	24.43964039	59.71008214	24.52537112		
	Pico 1	752.7782793	28.03554504	785.9917889	108.1407251	843.8788693	38.58094058	1488.488878	57.95912103	878.4688687	6.605154818	43.82807018	21.57236566		
	Pico 2	749.7593883	43.08894455	1856.1347931	120.88041	849.8787322	35.81846548	1282.982469	64.302983314	875.5136812	5.71920723	33.05338377	21.57236566		
	Pico 3	763.3829787	18.03158323	325.1378929	118.7442445	882.8743719	9.840689772	98.81747119	67.20453361	874.4865752	5.669821385	32.13635589	21.57236566		
	Pico 4	754.1977401	25.37158594	643.1763885	108.5591859	855.4	7.533930195	56.7902439	69.73016175	870.7865198	5.657088896	32.00278782	18.82522428		
Galga 3	Pico 5	767.0670103	17.47827983	305.4203568	122.4245661	852.734104	10.80980189	116.8474829	67.0842853	873.3012048	7.205612189	51.92084702	19.35999827		
	Nivel	644.5385542	21.25739064	451.8766589	105.878275	785.6688382	68.88918287	4741.58708	67.0642853	853.8412955	18.59154077	275.2782251	44.37343358		
	Pico 1	675.7822823	80.28874578	6447.88857	223.521483	730.4117847	41.05747244	1685.716043	89.61442884	752.962381	24.00074897	576.0369991	41.27468744		
	Pico 2	685.5284118	82.45887174	6799.465528	233.2986425	735.8272251	46.41774286	2154.608634	95.02888226	755.2021858	18.09865788	32.75877974	48.62323842		
	Pico 3	708.1988816	52.80479587	2788.917427	255.9678123	742.856799	28.37854489	805.3418101	102.1624831	757.7477876	20.1097681	404.4027778	49.18884024		
Galga 4	Pico 4	874.9830508	73.18419124	5355.925847	222.7522816	789.7096909	20.51353455	420.8050988	118.911755	748.5506808	21.80161634	475.3104752	39.97171342		
	Pico 5	719.2371134	48.18172556	2132.751776	287.0063442	746.646185	36.38825382	1322.648886	105.8442826	761.5120482	20.41114805	416.8150065	52.93310082		
	Nivel	452.2307882	47.24781058	2232.385064	192.0484853	640.7873359	35.189849209	1326.893174	95.8228507	708.5789474	20.81708885	433.3809873	41.27468744		
	Pico 1	631.5879576	70.52384746	4973.813081	202.0327298	680.7847059	49.27198163	2427.726203	104.6238134	684.8714286	21.35880205	458.1642515	44.25897857		
	Pico 2	641.5508021	72.80576115	5300.878857	218.0397867	668.4656586	41.87258422	1753.313309	112.0473921	687.6557377	16.86913282	284.9678455	45.43067248		
Galga 5	Pico 3	660.177305	48.02270925	2118.039787	220.8592327	678.8894472	25.81289891	658.3109487	117.0473921	688.8274336	17.84488722	322.0188774	38.88517719		
	Pico 4	632.8810189	64.4126285	4148.88871	193.1429447	691.8271727	18.54018827	343.7385809	127.0852175	682.2819383	19.44221708	377.8898061	38.88517719		
	Pico 5	668.6752577	40.34280924	1627.52816	230.1571854	678.3757225	32.58884185	1082.084756	114.5338874	691.1385542	18.95115371	347.8856348	47.74179308		
	Nivel	439.51880723	40.27458989	1822.043988	263.0150957	584.8426552	69.87440199	4098.418934	103.1082086	643.3967611	19.46395285	378.8454808	47.74179308		
	Pico 1	653.8036038	43.78842164	1917.425869	263.0150957	540.0228244	44.64042638	1992.767868	103.1082086	565.347619	8.225768767	67.86327182	73.5743397		
Galga 6	Pico 2	688.0106952	68.81528276	4694.343971	297.4221873	688.0106952	68.81528276	4694.343971	297.4221873	559.8338788	10.41742847	108.5190656	67.88000043		
	Pico 3	642.2907801	38.08817888	1303.150957	251.7022723	521.7889985	27.839181	775.019999	84.88357813	558.3087345	15.70199118	246.552527	66.53646516		
	Pico 4	620.039548	45.41342432	2062.379109	229.4510401	526.1096909	22.3982845	501.8831486	89.19687511	556.123348	8.571007628	91.80418887	64.35006867		
	Pico 5	653.7010309	37.54848878	1409.981988	283.1125231	525.0404674	27.00278787	730.7718091	88.12704663	547.3674898	24.13047845	59.17978808	55.88419053		
	Nivel	390.5888079	61.42893518	3773.288385	272.3386497	478.87134158	59.84261117	3357.241067	110.6368423	481.7732784	20.30799391	412.4148044	65.08460264		
Galga 6	Pico 1	650.2747748	47.35586835	2242.562165	272.3386497	678.2148587	47.67153595	2272.548416	110.3844884	877.704818	67.27272845	3280.186185	61.04801115		
	Pico 2	638.9883048	68.70022053	4719.720315	262.0541197	680.201005	22.15032174	488.8789957	112.3808105	678.8181818	34.05718889	1628.464012	62.72870232		
	Pico 3	662.0070922	30.87508348	828.8785208	284.0719871	688.6181818	27.16382184	488.8789957	120.7880105	680.4317181	44.86428383	2012.803945	63.72811118		
	Pico 4	651.2788362	45.82131338	2072.188872	273.341711	687.8843931	26.81389728	708.2888829	120.0642213	674.8584217	37.08144436	1375.033516	58.19805148		
	Pico 5	660.5208186	38.25212382	1463.224981	282.5854934	687.8843931	26.81389728	708.2888829	120.0642213	674.8584217	37.08144436	1375.033516	58.19805148		
Nivel	377.9351251	59.02088378	3463.441058	282.5854934	567.8201713	18.05813879	297.8838213	120.0642213	618.8589089	23.43817627	549.2543583	58.19805148			

	M1MLOI02015N15N					M1MLOI02010N10N					M1MLOI02005N5N				
	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif.-Nivel	Dif.-Nivel	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif.-Nivel	Dif.-Nivel	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif.-Nivel	Dif.-Nivel
Galga 1	Plico 1	474.3976834	8.628630653	74.4187543	-57.2758279	510.827957	6.041520582	36.49997094	-38.63097772	-38.63097772	556.1272727	6.533368991	42.68492239	-24.42935378	-24.42935378
	Plico 2	475.8901099	9.78266654	95.70056463	-55.7894014	512.6784708	8.350288942	69.72732541	-36.98746412	-36.98746412	555.2283951	6.170718671	26.73933157	-25.32823144	-25.32823144
	Plico 3	478.800605	12.58930602	157.98746537	-52.87260532	507.0201005	4.871023163	23.726866668	-42.63383421	-42.63383421	565.4730539	6.507469639	42.3471611	-25.06357261	-25.06357261
	Plico 4	487.3098774	28.02009353	786.4619187	-44.36383387	507.8394161	12.6785578	163.0181408	-41.81951865	-41.81951865	554.1153846	5.084761571	25.85480024	-28.44124189	-28.44124189
	Plico 5	479.9521531	14.8714862	221.1611612	-51.72135818	506.3394495	10.18642905	103.7653367	-43.31948517	-43.31948517	562.3206107	4.029432945	16.20411039	-28.23601592	-28.23601592
Nivel	531.6735113	9.904276592	98.08473442		549.6558347	15.295698812	233.9358381			590.5566295	11.71171606	137.3046996			
Galga 2	Plico 1	533.7992278	8.718589212	76.01379785	-55.69358534	513.5485371	5.795648189	33.58953793	-38.90865753	-38.90865753	515.9454545	6.312255352	39.84456763	-24.46177437	-24.46177437
	Plico 2	536.7912088	9.501400285	90.27660737	-52.70160435	514.3235294	7.945828617	63.13619741	-36.13351529	-36.13351529	515.7283995	5.951060371	28.6338471	-24.67883385	-24.67883385
	Plico 3	538.0497736	12.25050138	150.074784	-51.44303939	511.4824124	5.716222017	32.87619415	-40.97463261	-40.97463261	516.988024	5.94248338	35.31310872	-23.41920496	-23.41920496
	Plico 4	545.0258065	28.48263937	811.9304985	-44.46700669	513.8759124	11.35292477	128.8898008	-38.58113226	-38.58113226	517.9846154	8.308562336	69.79821109	-22.42261353	-22.42261353
	Plico 5	538.0717703	14.28495666	204.3457858	-51.4240281	512.8988826	9.534484152	90.90638804	-39.5579621	-39.5579621	515.8549818	17.23151055	296.924956	-24.55228708	-24.55228708
Nivel	588.4628131	9.876391738	97.54311378		562.4870447	11.80891324	138.4504318			540.4072289	10.58934124	112.1126702			
Galga 3	Plico 1	292.8030888	40.72810952	1656.778905	-227.0470139	482.1293323	19.95572818	382.4265039	-156.3030983	-156.3030983	479.9575758	19.8107876	392.4677014	-97.42876962	-97.42876962
	Plico 2	290.9945055	32.41296399	1050.60218	-228.555972	488.8235294	63.33629249	4011.485946	-161.6086012	-161.6086012	476.7777778	14.54827048	211.6521739	-100.2085676	-100.2085676
	Plico 3	307.8054299	47.07501912	2216.057425	-212.0446728	488.6885417	16.22569831	263.2732856	-159.7637889	-159.7637889	483.0858683	18.62729159	385.230575	-83.92047712	-83.92047712
	Plico 4	342.0387097	76.91900096	5916.388102	-177.811393	501.4160584	39.08164239	1528.156505	-147.0160722	-147.0160722	488.8384615	18.28915205	334.4930829	-88.14788384	-88.14788384
	Plico 5	308.9187464	53.21763152	2832.116305	-211.3333563	501.6234532	31.52241877	993.6627591	-146.8082774	-146.8082774	486.9547328	10.32918549	106.6920728	-90.00161256	-90.00161256
Nivel	519.8501027	38.93900945	1586.124476		648.4321306	48.01285512	2117.182336			576.9883454	23.330575	544.3157298			
Galga 4	Plico 1	184.7451737	33.24079295	1104.950316	-181.5638612	487.2795699	16.93763796	286.8835904	-132.2092617	-132.2092617	674.7151515	15.959003948	254.5951959	-85.34428674	-85.34428674
	Plico 2	180.9395604	26.5389561	704.3554428	-185.3694745	503.0392157	22.12121625	489.3482082	-126.4498159	-126.4498159	681.5308642	13.46454873	181.2940725	-78.52857355	-78.52857355
	Plico 3	193.166371	37.94310875	1439.67935	-173.1506639	494.3315583	13.80640141	190.81872	-135.1671733	-135.1671733	688.4431138	16.05135013	257.6458408	-71.61632398	-71.61632398
	Plico 4	220.5395439	62.59748528	3918.448181	-146.773951	505.3941606	33.49885901	1122.240554	-124.094871	-124.094871	693.7230769	15.50194956	240.310318	-68.33636083	-68.33636083
	Plico 5	190.7416268	43.48119223	1888.87523	-175.5674081	508.1924906	26.58580894	706.8051308	-123.2961711	-123.2961711	684.5954188	34.81639283	1212.18121	-75.4640179	-75.4640179
Nivel	366.3090349	33.35334249	1112.779014		629.4883316	38.97203238	1516.819509			760.0594378	19.06372722	364.5704193			
Galga 5	Plico 1	740.4942085	61.84523822	3600.289687	284.1379457	752.827957	16.63738763	276.6026736	160.3984037	160.3984037	763.2969697	19.3851289	375.7632225	98.68375685	98.68375685
	Plico 2	750.0274725	32.90727494	1082.888744	293.6712097	761.8186275	20.16340748	406.5630011	159.3890742	159.3890742	766.8703704	15.78817255	248.6352657	102.2671575	102.2671575
	Plico 3	730.4027149	66.8459161	3208.798811	274.0464521	739.3988342	13.26429688	175.9405106	166.9372809	166.9372809	764.1377246	19.56204715	382.6736888	99.53451177	99.53451177
	Plico 4	697.9354839	106.2267654	11284.12568	241.579221	748.9418058	33.54074923	1124.981859	156.5120529	156.5120529	763.0230769	17.55896617	308.3172928	98.41986407	98.41986407
	Plico 5	730.6220096	65.21425998	4252.898706	274.2657467	749.3668725	28.47838411	701.104825	166.9374192	166.9374192	765.0916031	38.51082772	1483.083862	100.4683902	100.4683902
Nivel	458.3562628	62.94513326	3962.089801		692.4295533	57.81295799	3342.338111			694.6032129	28.26886285	799.129807			
Galga 6	Plico 1	949.8223938	69.75060307	4865.146628	304.7053507	698.1397849	57.81295799	472.5100843	185.4028715	185.4028715	699.3030303	22.47530467	505.13932	117.4636729	117.4636729
	Plico 2	964.9120879	34.97328052	1223.13035	319.7950448	688.004902	25.69477867	860.2216507	185.2877863	185.2877863	703.3641975	18.08948499	326.5062879	121.5248401	121.5248401
	Plico 3	948.6289593	62.90044827	3918.161248	303.5119162	696.7235181	17.50898745	306.5946414	196.9685047	196.9685047	699.5866263	22.908999	524.822235	117.74746829	117.74746829
	Plico 4	905.1419355	134.3766	18057.07063	260.0248824	688.4744526	41.58838781	1729.427651	185.7373392	185.7373392	696.7	21.04872531	443.0483372	113.6806448	113.6806448
	Plico 5	947.7368421	72.90485522	5315.117915	302.619799	686.1926606	33.99114184	1155.997723	183.4555471	183.4555471	700.8549818	35.74484839	1277.894187	119.0165044	119.0165044
Nivel	645.1170431	67.61277099	4571.486801		502.7371134	65.79336289	4328.766601			581.8393574	34.50878986	1190.718548			

Galga	Piso	MIML ODERIVATION				MIML ODERIVATION				MIML ODERIVATION			
		Media	Desv. Est.	Varianza	Dif.Nivel	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif.Nivel	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif.Nivel
Galga 1	Piso 1	494.9887628	19.20514694	368.8378889	-71.77380636	478.8824731	36.07891871	1301.8883875	-41.11062149	465.8728324	7.731382633	59.77442305	-25.48895625
	Piso 2	501.5752888	22.14808225	490.5375472	-65.15730043	491.1036038	18.66891485	278.5276793	-26.3864911	463.1502889	7.130208865	50.96407608	-28.2114966
	Piso 3	491.7538462	15.14839636	229.4133228	-74.87872309	476.3765596	6.888570262	40.81382879	-41.1243503	466.5337423	8.586289032	73.70718276	-24.82804629
	Piso 4	503.4393939	12.86645856	166.3198433	-63.29317531	481.7112676	9.201889957	84.61749076	-36.191827	467.7465753	9.5801736163	91.78080543	-23.61521328
	Piso 5	498.9	15.88580055	252.3588592	-67.83266925	480.9466546	8.158465201	66.52758193	-36.55652872	470.8434783	8.764152276	78.810337378	-20.71831036
Galga 2	Nivel	566.7325692	6.592126901	43.45613708		517.5036948	11.99165633	143.5581193		491.2617888	9.555750955	93.2336265	
	Piso 1	526.5876289	16.74357201	280.3472037	-59.34264812	514.9607419	14.08962442	198.7322781	-32.48892365	517.6127168	7.337008778	53.83168761	-18.96388693
	Piso 2	533.8602151	19.95189342	398.0776518	-62.07006193	527.101618	14.13649993	199.8406302	-20.13386363	514.1271676	6.307619199	39.78605995	-22.44193806
	Piso 3	523.5435897	13.50980082	182.517142	-62.36688724	512.5065191	5.95026677	35.40638867	-34.93234663	514.7055215	7.670637068	58.83887303	-21.86356422
	Piso 4	532.3333333	11.57320653	133.9390883	-53.86984385	515.7394366	8.530861436	72.77595884	-31.86922918	513.9588041	7.637384334	56.32833386	-22.61020158
Galga 3	Piso 5	525.9166667	13.51178877	182.5884368	-60.01361032	514.9762729	7.905666839	62.61339718	-32.58143677	517.8782609	7.664165678	58.73643555	-18.69064482
	Nivel	585.930277	11.60511484	134.6788905		547.4376558	7.550441318	57.0091841		536.5891057	8.47883712	89.84836315	
	Piso 1	634.5927835	13.29565308	178.7711394	128.2222009	618.621957	26.61644428	708.4331081	77.92875275	641.3294788	7.87857912	62.0710445	41.62378871
	Piso 2	623.9731183	32.34182846	1045.982868	118.6025357	612.7912613	21.12624688	446.3183115	70.86205702	641.6936416	4.186906839	17.52769189	41.88796056
	Piso 3	632.0823077	25.62037873	656.4038065	128.7217251	624.8202128	11.603937	134.651354	83.02100862	642.0920245	6.961615714	35.54088193	42.38633348
Galga 4	Piso 4	608.0363535	19.83418067	387.3946829	102.6647709	628.4286776	13.19327031	174.0623814	86.53031322	640.0818438	8.463705668	71.46513935	40.35995278
	Piso 5	620.3944444	20.78259296	431.8761701	115.0238618	627.1755725	13.37938466	179.0073887	85.27638823	647.2521739	8.258900174	68.2078032	47.54648286
	Nivel	505.3705826	20.9237488	437.8032638		541.8892042	30.47878283	928.9582029		599.7058911	25.5930106	655.3242149	
	Piso 1	570.3865978	13.77088713	189.6373324	126.3235607	584.6895247	25.08576004	629.2826475	84.75804852	581.7687861	7.180703893	51.5623084	47.25171286
	Piso 2	568.0806452	32.8966165	1062.538407	115.0176079	567.3005063	21.98312636	483.6978071	77.36643009	581.3179191	4.611357598	21.2646189	48.8008459
Galga 5	Piso 3	569.0512821	25.86840051	659.7811711	124.9882448	564.643617	11.0048901	121.1078981	84.70374081	572.1472393	5.675777783	31.08828789	37.63018609
	Piso 4	546.5885886	19.55053849	382.2235554	102.6228213	562.6056338	12.89177984	166.1879822	82.66576759	570.7845205	7.289426343	53.28182484	36.27744738
	Piso 5	558.8666667	20.92134779	437.7027933	114.8006294	560.3816794	14.1708403	200.8070464	80.44180317	574.3913043	8.535473607	72.95430869	39.87423118
	Nivel	444.0830972	20.78958872	430.9596936		479.8898782	28.55443353	815.366674		534.5170732	21.02358892	44.1981647	
	Piso 1	366.1804124	60.96438634	3716.956402	-300.0363976	354.0591388	38.23260809	1312.801889	-171.306903	286.1676301	27.46479128	754.31476	-99.59903861
Galga 6	Piso 2	392.4301075	88.333569	7822.818413	-273.7867024	386.9174775	63.4028452	4019.885418	-128.3885703	278.2312139	20.96962802	438.7258291	-107.5354528
	Piso 3	356.6153846	61.9913393	3842.8026828	-309.6014253	342.0478723	25.28257349	638.7142735	-183.3181754	283.4110429	25.86535396	659.7374082	-102.3566237
	Piso 4	402.9948485	49.89030337	2499.030431	-263.2218804	355.2042254	35.69701872	1274.277145	-170.1618224	287.2534247	28.3127391	801.611951	-98.51324201
	Piso 5	377.0222222	58.78094507	3452.848665	-288.1945877	352.6641221	34.61538357	1198.22478	-172.7018265	289.3565217	28.82904169	831.0558878	-96.41014493
	Nivel	666.2168099	27.4872782	795.9504629		626.3888477	27.63380845	783.4641208		385.7866887	23.47767832	551.2010035	
Galga 6	Piso 1	141.8041237	85.586579408	4288.8735351	-318.7221418	137.6301075	35.81820435	1282.800494	-177.9605291	616.4460987	35.88634581	1287.828818	-96.40775882
	Piso 2	172.188172	93.60100525	8761.148184	-288.3380835	181.7707207	66.50474384	4422.880826	-134.1899189	637.9075145	23.4781591	551.2236588	-74.94633108
	Piso 3	134.6051282	65.66956384	4311.178324	-275.12221373	124.3776886	28.58496481	706.7603338	-191.502977	603.4807975	27.020458418	730.888742	-108.3665048
	Piso 4	187.4040404	63.02454545	2811.809242	-273.1222251	136.5704225	36.96047302	1366.0766566	-179.19102141	595.3872903	33.48011098	695.3872907	-117.4652553
	Piso 5	156.7444444	62.37220428	3890.291868	-303.7818211	132.0765359	35.887856337	1287.917205	-183.9043007	599.1391304	31.30295846	979.8752098	-113.7137151
Nivel	460.5262855	28.75097517	628.6166733		315.8806368	28.02831828	642.8432819		712.8628455	36.706392709	1351.767988		

ANEXO V

Valores promedio Mandibula 2

	M2GENI01N16N					M2GENI01N10N					M2GENI01N5N				
	Media	Desv. Est.	Variância	Dif-Nivel	Dif-Nivel	Media	Desv. Est.	Variância	Dif-Nivel	Dif-Nivel	Media	Desv. Est.	Variância	Dif-Nivel	Dif-Nivel
Galga 1	Pico 1	743,6713615	2731,438657	253,1512812	148,2377214	635,0071942	36,88760945	1360,688384	148,2377214	148,2377214	635,2642105	18,18113631	330,5637176	79,77765076	79,77765076
	Pico 2	742,5321637	45,39062958	2060,309254	282,0120634	632,3129252	30,11275678	906,7781195	145,543523	808,0505051	40,36147227	1628,043444	52,54384528	52,54384528	
	Pico 3	724,9715909	68,66584972	4853,330617	234,4515106	624,8690647	36,47063311	1330,10708	137,8995919	137,8995919	607,8956522	36,57613399	1337,813577	52,38909241	52,38909241
	Pico 4	727,9064054	62,59454436	3918,078984	237,3853251	620,2040816	37,36673834	1396,273194	137,4348088	137,4348088	611,7777778	36,33254244	1320,05384	56,271121801	56,271121801
	Pico 5	716,2792783	60,28679463	5089,107171	225,7591989	620,656051	30,76768063	946,6501715	133,8865781	133,8865781	633,2056607	12,23877099	148,7875154	77,68904771	77,68904771
Nivel	480,5200803	31,79539802	1010,847335	250,7170837	486,7694728	32,5545388	1059,797996	149,1981502	149,1981502	555,5065588	18,64664201	347,6872582	76,60680528	76,60680528	
Galga 2	Pico 1	823,7793427	50,82931789	2593,79542	250,7170837	635,942448	36,5092448	1260,648837	149,1981502	637,5842105	18,05373412	325,9373165	76,60680528	76,60680528	
	Pico 2	823,5438596	54,41076997	2960,531889	250,4816107	636,7142857	31,40020068	985,9726027	149,9698989	629,2828283	23,4737188	551,184498	68,30542304	68,30542304	
	Pico 3	817,1477273	67,49368315	4555,383766	244,0854783	627,3165468	36,71335025	1347,870087	140,5722509	632,8698652	18,00707548	324,2547674	71,89215897	71,89215897	
	Pico 4	819,6261261	60,28679463	3634,487595	246,5638771	630,3333333	37,76664712	1428,1319635	143,5890375	143,5890375	632,042735	18,80315141	353,5565028	71,06532979	71,06532979
	Pico 5	802,8683684	69,01298018	4762,782813	229,8071204	630,2165605	32,5566315	1040,42716	143,4722647	143,4722647	638,2803738	13,59508401	184,8263083	77,30298688	77,30298688
Nivel	573,622249	31,85914698	1021,387076	250,7170837	488,7442958	31,64800338	1001,598343	149,1981502	149,1981502	560,8774052	19,2382714	370,1110265	76,60680528	76,60680528	
Galga 3	Pico 1	823,2768953	43,86862125	1924,455931	201,6504893	588,2302158	26,1157725	682,0335731	129,5205384	563,7842105	9,65219295	53,16482874	51,39637088	51,39637088	
	Pico 2	844,1988304	40,81608169	1649,866116	222,5723244	590,9591837	22,65853661	513,4092815	132,2495083	563,5858586	14,45189776	208,857349	51,20101894	51,20101894	
	Pico 3	842,0909081	63,89368475	4095,181688	220,4844031	580,3021583	27,71248114	767,8805026	121,5924809	566,2782609	8,804452448	77,51833291	53,89342122	53,89342122	
	Pico 4	870,1261261	52,02951078	2707,069883	248,4996201	582,2517007	28,08325067	789,2307334	123,5420233	564,6485726	10,18731144	103,7813145	52,284733	52,284733	
	Pico 5	881,3738739	64,14710078	4114,890536	259,7473678	583,868242	23,88768275	570,8168095	125,1555646	567,6448598	5,860408152	34,34433371	55,26002016	55,26002016	
Nivel	621,6256506	37,28298026	1390,764885	250,7170837	458,7096774	29,28040929	856,1715518	125,1555646	125,1555646	512,3848397	14,00653189	196,1829356	76,60680528	76,60680528	
Galga 4	Pico 1	686,3521127	38,26561782	1484,257507	200,5268195	789,7913689	18,72821433	350,7460119	100,4816029	764,5847368	7,19118903	51,71319987	38,97010127	38,97010127	
	Pico 2	687,8140351	44,18001453	1951,873684	201,7907419	793,8571429	19,62107821	276,260274	104,5573789	765,5959598	10,546224	111,2223407	37,97132403	37,97132403	
	Pico 3	682	54,38928466	2958,194288	196,1767068	787,5971223	21,16043596	447,7640496	98,28735834	766,8608596	6,370005035	40,57695415	38,238234	38,238234	
	Pico 4	688,6306306	48,49544979	2351,80886	202,8073375	787,4285714	21,99377247	483,7260274	88,12880746	769,0789231	7,847896895	61,58885942	41,45228751	41,45228751	
	Pico 5	680,8828829	57,72210517	3331,841425	195,0585897	787,0063694	18,14771894	329,3397028	87,76080746	770,728972	4,34278863	18,85981308	43,10433639	43,10433639	
Nivel	485,8223932	25,33714178	641,9707534	250,7170837	689,299764	27,48556377	755,4573148	125,1555646	125,1555646	727,8246358	21,2586334	451,9720549	76,60680528	76,60680528	
Galga 5	Pico 1	690,3192488	60,80854152	3709,85043	284,1716585	708,0359712	36,95861983	1517,774059	154,3832726	773,8210528	22,33106075	498,8765274	117,7563396	117,7563396	
	Pico 2	687,9824561	58,7196203	3447,993808	291,8348658	706,8870748	33,74253905	1138,568941	153,0143762	752,2626263	28,99563157	840,7485502	96,09790323	96,09790323	
	Pico 3	680,6801818	76,63848953	5873,45981	284,5455915	712,2158273	41,65659518	1735,271922	158,5431287	765,2086957	23,88036544	570,2718535	109,0439726	109,0439726	
	Pico 4	681,7297297	69,52774712	4834,107619	285,5821394	719,3877551	37,45471219	1402,855465	165,5048771	750,9487179	25,54807711	652,704244	94,78399492	94,78399492	
	Pico 5	667,7117117	81,45730219	6635,292079	271,5641214	732,4713376	30,07076281	904,2507758	178,7986389	774,4392523	19,56565029	382,8146711	118,2745283	118,2745283	
Nivel	386,1475904	38,61107974	1340,37116	250,7170837	553,9726987	35,10059807	1232,051845	125,1555646	125,1555646	656,164723	31,98671739	1023,190089	76,60680528	76,60680528	
Galga 6	Pico 1	934,8685446	71,68143683	5121,039242	341,2972596	991,2808755	47,28858637	2234,319258	206,5520154	948,8847368	24,41766736	598,232473	111,1928418	111,1928418	
	Pico 2	935,5847953	60,8389713	3670,420709	342,0135102	990,8328531	39,82256585	1585,838735	205,9040929	929,1919182	61,2001862	3745,462791	91,49002415	91,49002415	
	Pico 3	913,3011384	96,24109724	9262,348799	319,7298512	984,1366906	47,28041702	2235,437702	199,4031305	942,4086857	27,01685482	729,91045	104,7068006	104,7068006	
	Pico 4	922,1351351	80,61541956	6482,732787	328,5389516	985,8367347	48,14715217	2318,206039	201,1081745	943,8034188	28,80952154	848,8075744	106,1016238	106,1016238	
	Pico 5	903,7747748	93,37305844	8718,52823	310,2034896	989,5541401	39,36505581	1549,607627	204,8255799	949,5140187	21,14476807	447,1012167	111,8121236	111,8121236	
Nivel	593,5712851	41,88739508	1761,26225	250,7170837	784,7285602	42,45680129	1802,588467	125,1555646	125,1555646	837,701895	28,62728663	819,5223013	76,60680528	76,60680528	

Valores promedio Mandibula 2

M2D1GAS18N18N				M2D1GAS10N10N				M2D1GAS8N8N					
Media	Desv. Est.	Varianza	Dif.-Nivel	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif.-Nivel	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif.-Nivel		
Galga 1	Pico 1	766.81620289	19.449490877	378.2785403	116.698061	789.1904762	8.733758573	76.27853881	65.71939146	786.8571429	8.583194794	73.67123288	37.97519247
	Pico 2	766.1621622	19.721213708	388.062891	118.0461943	773.4232294	17.66342897	31.19970782	58.95241468	786.3034483	8.751447609	76.68763525	37.42149789
	Pico 3	762.122905	23.73416635	563.3106622	112.0068371	783.3434343	6.228810722	38.79921668	68.87321392	782.3214288	7.606565099	57.8843867	33.43947819
	Pico 4	766.1336898	38.37909782	1472.985149	116.0177722	779.379225	10.78781392	116.3789281	65.10812025	782.8604651	5.738235089	32.90439276	33.97851473
	Pico 5	761.6516129	22.76662902	518.3189367	111.535945	777.25	15.31849898	234.6598437	62.77898827	780.0502513	9.137970922	83.50251256	31.16830087
Galga 2	Nivel	650.1158679	21.48188337	461.470468	101.7372082	714.4711147	25.2201419	638.0555575	748.8819804	7.058204031	49.81824414	38.17326979	
	Pico 1	499.7398844	16.27440829	264.8563651	102.7486752	530.1020408	8.523703317	69.2840389	59.48991161	530.292517	8.530634107	72.77001211	37.373046
	Pico 2	500.7151614	16.67170924	274.6878378	102.7486752	534.8174343	8.82772398	85.168465	64.21471785	528.6865617	8.050814433	64.81561303	37.373046
	Pico 3	495.2122905	20.86353481	427.8086121	97.20961432	533.6868897	6.422841257	41.2541744	63.08404049	525.9880852	8.230211688	67.7363437	34.4884802
	Pico 4	489.4545455	28.0832445	768.666217	101.4618933	531.1912568	9.326860086	86.9696237	60.58832762	527.8962791	5.358462043	28.7130083	36.34703185
Galga 3	Pico 5	487.0903226	19.12004719	365.5762044	99.0876494	527.4708302	13.10862357	171.8412553	56.88800102	527.7286432	8.641985596	74.8635936	39.209396
	Nivel	398.0028782	19.83940516	385.6898571	191.2904508	470.8029292	24.63975346	807.1174507	116.50393007	491.5192472	32.55619242	1099.803985	
	Pico 1	698.1156069	17.84430788	321.9881852	191.2904508	772.6326531	8.385198238	69.80833743	104.38253	900.1496659	12.93892595	167.4153047	56.40971119
	Pico 2	697.6594595	20.7088442	428.858228	190.8343033	760.1058824	22.15468989	490.8289693	104.38253	899.8589655	12.7209849	161.8229885	56.12901884
	Pico 3	694.6368715	27.8325043	774.6482958	187.8117154	749.0505051	6.021006997	38.25252525	93.32715273	892.8166867	13.46515426	161.3103792	49.17671798
Galga 4	Pico 4	692.4919786	37.0455086	1372.389559	185.6668225	744.0382514	14.4664698	209.2787486	88.31489905	899.5581395	8.05896771	64.91472868	55.81819086
	Pico 5	694.4580645	22.55908223	508.912191	187.6329084	735.9534884	16.80497488	282.4071807	80.23013605	898.7898442	13.98869797	195.6835709	55.02889555
	Nivel	508.8251561	47.76899147	2281.885474	149.6493511	655.733523	44.05434107	1840.784967	104.2405346	843.7398487	10.20982539	104.2405346	
	Pico 1	740.3528012	12.31785899	151.7298008	152.3374361	751.1156463	6.43365007	41.39064393	84.98593104	748.4489796	9.830017915	88.8052658	51.48346208
	Pico 2	736.3945948	16.09766169	289.1314824	148.3794206	741.6705882	17.29066445	288.8677689	75.52087302	744.6344828	10.63750827	111.0360805	49.61896522
Galga 5	Pico 3	730.3519553	21.81285432	480.1731844	142.3387903	747.3333333	5.981263282	35.7755102	81.18381812	740.4285714	10.40587779	108.282828	45.47305386
	Pico 4	734.8823529	35.11681059	1233.180386	148.8671879	747.2185792	7.805062048	60.81899357	81.08886402	743.6744186	8.346808004	40.27834177	48.71890107
	Pico 5	737.8945161	18.47007417	271.2633431	149.6493511	748.1569767	12.86317601	165.4664423	82.00726153	740.5728643	10.50172989	110.2883306	45.81734679
	Nivel	588.015165	37.3172201	1392.675683	152.3374361	666.1487152	38.01110386	1444.844017	126.2136741	694.8565175	9.028908375	81.83740318	57.73444847
	Pico 1	721.8878613	51.63098674	2855.76094	218.7692261	757.0680272	26.86997088	721.8953406	126.2136741	761.6326531	20.81559006	433.2887896	57.73444847
Galga 6	Pico 2	732.0378378	48.36549112	2342.123661	227.1082027	748.4647059	40.21615327	1617.338894	117.6103527	765.3172414	17.33882263	300.6347701	61.4190378
	Pico 3	730.8889288	52.51227666	2757.5392	226.0601917	778.989899	12.89802489	166.1733663	148.1335459	764.7857143	36.23164708	1312.73225	60.88751089
	Pico 4	742.3850267	59.67004598	3554.549882	237.4563916	766.5464481	21.74803775	789.8428109	135.692095	771.8488372	11.40946303	130.1763466	67.95063362
	Pico 5	715.8193548	57.70989022	3330.291831	210.8907197	756.0116279	39.86844189	1589.333187	125.1572748	782.4723618	18.82610454	354.422121	58.57415822
	Nivel	504.9296351	34.61625252	1191.311688	230.6355661	630.8243531	44.41739146	1977.904665	135.87842	703.8982038	12.39595337	152.8845844	65.65106622
Galga 6	Pico 1	770.0404674	60.72511055	3687.00827	239.6088072	805.7278812	33.54930064	1128.55687	136.87842	813.1292517	26.08187113	680.2840016	65.65106622
	Pico 2	779.1135135	58.80710191	3227.046827	239.6088072	788.5178471	47.35191473	2242.203829	128.8681759	818.2786821	22.46431824	604.645839	70.78767558
	Pico 3	777.9217877	60.24737884	3629.746657	231.7038814	832.6966967	34.6660948	312.0830951	162.8479866	818.8464286	40.27424631	1622.015077	71.48824308
	Pico 4	781.2085661	66.4017937	4408.198206	228.4169848	819.6666687	17.28167285	1173.882784	149.8171966	828.8709302	13.763851	188.443598	79.48274375
	Pico 5	786.7741935	68.69569432	4448.435693	227.2692872	809.4244186	46.38045171	2151.146301	139.5749475	817.989789	23.18738755	537.8549414	70.48181251
Nivel	639.6049063	35.43848069	1255.885913	239.6088072	669.8494711	48.20274054	2323.504198	139.5749475	747.4781885	13.05545546	170.4449433		

Valores promedio Mandibula 2

	MZML01Z01GN15N				MZML01Z01GN10N				MZML01Z01GN5N				
	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif.-Nivel	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif.-Nivel	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif.-Nivel	
Galga 1	Pico 1	803.9708738	10.82981008	117.2869524	-44.85871099	808.3372093	8.7077878	76.82656059	-31.20875844	810.8205357	7.408861963	54.89123559	-18.11239944
	Pico 2	801.6990141	4.884077228	23.85421037	-47.16057069	809.3010868	8.87305912	117.376642	-30.24408095	809.1315789	6.580277782	43.30005569	-19.80135621
	Pico 3	805.4593023	7.337504464	53.84043928	-43.37028245	805.5314685	38.98389063	1519.743721	-34.01449921	810.474359	9.328035244	87.01224152	-18.25857618
	Pico 4	807.1666687	9.049021354	81.88478747	-41.66291811	810.9428571	8.875403182	80.55786228	-28.6031106	813.2790988	9.470329278	89.68713663	-15.45386539
	Pico 5	808.6781609	13.54333166	183.4218324	-40.15142396	812.3561644	11.85529663	140.5481342	-27.18930236	812.3953488	9.100496728	82.8193407	-16.33758632
Nivel	848.8295948	15.8463242	283.7988391	-40.15142396	839.5459677	4.468849636	19.96882957	-27.18930236	828.7329352	24.41429018	596.0575651	-16.33758632	
Galga 2	Pico 1	544.1801942	13.15196611	172.9742126	-40.41333524	542.7906977	13.15196611	172.9742126	-29.96526071	538.0580357	8.578624469	73.48969029	-21.85698135
	Pico 2	539.8380282	6.401060776	40.97357908	-44.73550124	542.1382648	12.74455852	162.4237732	-30.60518361	539.5726842	8.494775369	72.16120858	-20.14133285
	Pico 3	541.8895349	9.923361639	98.47310622	-42.68059453	539.2517493	28.2552422	798.3587117	-33.49180014	541.3205128	11.21461442	125.7675765	-18.39450424
	Pico 4	542.9933333	11.20911462	125.6442506	-41.58019608	543.9632857	11.47484620	131.6720966	-28.17928267	541.8217054	11.00173964	121.0382752	-17.89331164
	Pico 5	546.591954	14.63940931	214.3123048	-37.98157539	544.4108589	13.96296099	194.6851205	-28.33258948	541.1162791	10.76554211	115.681686	-18.598738
Nivel	584.5735284	12.01134925	144.2725108	-40.41333524	572.7435484	4.285272222	18.36355892	-28.33258948	569.7150171	10.51465078	110.5557777	-18.598738	
Galga 3	Pico 1	282.3108786	48.45878895	2348.254227	-216.4021232	300.8337209	38.84244699	1516.514178	-149.3566017	324.3928571	26.64006452	709.6925046	-74.46379815
	Pico 2	270.9647987	30.9253074	956.3746379	-227.748014	298.819239	46.40389687	2153.318058	-151.0720836	320.2884737	25.53585289	652.0797828	-78.56718161
	Pico 3	276.4767442	40.62128506	1650.087175	-220.2360596	309.8783217	51.42841345	2644.88171	-140.3120009	312.2594103	33.2274723	1104.049959	-86.80024503
	Pico 4	280.8933333	41.40342473	1714.243579	-217.8194894	312.75	41.64808459	1734.56285	-137.2403226	308.6046512	39.4434759	1555.7817791	-90.25200413
	Pico 5	289.3878161	59.17283687	3501.424823	-209.3448967	325.4589041	50.74970721	2575.532782	-124.5314185	297.124031	33.38085336	1114.281371	-101.7326243
Nivel	498.7128028	26.92848384	725.1971	-209.3448967	449.9903228	18.21590317	262.9555156	-124.5314185	398.8568553	22.30002543	487.2911341	-101.7326243	
Galga 4	Pico 1	324.6165049	45.85197306	2102.403434	-187.8743256	321.4418605	36.78184522	1353.639875	-131.442817	312.4553671	26.82020709	724.6975496	-85.20505241
	Pico 2	313.4295775	30.28624344	917.4382679	-209.161253	320.5157233	49.88181629	1923.858928	-132.3889541	318.9062632	24.1433434	582.9010304	-78.7551464
	Pico 3	322.3313953	38.98883559	1520.128301	-200.2594351	325.9090609	48.1048158	2314.618438	-126.8758655	318.25	32.34783235	1046.382258	-79.41040956
	Pico 4	324.8	38.70851319	1498.348993	-197.7903004	323.85	39.81574921	1585.293885	-129.0346774	326.0387597	36.55035121	1335.923173	-71.82164987
	Pico 5	334.8620689	64.9143679	3015.587801	-187.7287615	330.4041096	48.07875827	2311.663155	-122.4805678	323.3100775	30.96868339	959.0593508	-74.35033204
Nivel	522.5908304	25.95222822	673.5181496	-187.7287615	452.8948774	17.82201731	317.6243009	-122.4805678	397.8604098	13.14612232	172.820532	-74.35033204	
Galga 5	Pico 1	762.3252427	28.89921484	823.6449207	251.4255687	756.3255814	27.37115136	749.1799266	133.3183233	751.9732143	18.78553008	352.8961403	69.33764876
	Pico 2	762.7687324	33.25631448	1106.182	251.8890784	760.2136395	34.37145651	1181.397023	137.2095784	758.0062632	20.95611372	439.1587023	75.36959763
	Pico 3	756.2616279	33.8743142	1147.489162	245.3619738	752.6251748	50.53883107	2554.173446	129.8179168	760.7435897	21.61029078	467.0047974	78.10792421
	Pico 4	760.0266667	27.9767273	782.6972707	249.1270127	767.5642857	29.40787808	864.8231757	144.5570276	754.0542836	24.85278947	617.681095	71.41859804
	Pico 5	756.0862069	42.88644435	1813.605242	245.1865529	761.1438356	37.30711122	1391.820548	138.1365776	762.3468372	20.33033677	413.3226744	79.71317168
Nivel	510.899654	37.89020562	1443.255723	245.1865529	623.0072681	17.722193318	314.0689368	138.1365776	682.6366655	17.0515226	290.7644229	79.71317168	
Galga 6	Pico 1	833.9514563	41.79844288	1747.109827	303.2386535	834.9476744	38.23418074	1461.851047	173.696868	830.9776786	27.03136266	730.6945668	103.4674397
	Pico 2	834.2887324	45.28798016	2051.001149	303.5759298	835.1823899	46.08671729	2123.985511	173.9315835	825.3315789	31.51988627	983.5032303	97.82134004
	Pico 3	829.25	47.80762192	2285.568713	288.5371972	823.965035	62.965643616	3963.512853	162.7142285	827.0128205	31.78807593	1006.673802	96.5025816
	Pico 4	834.6	40.87055396	1654.09396	303.8871972	840.6403	40.83140867	1675.380216	179.0991935	819.8627132	36.32107273	1319.220325	92.34247427
	Pico 5	828.6869687	57.48569396	3304.60501	296.9639659	834.010959	50.62549042	2562.936231	172.7802894	831.7629457	29.97836752	896.7025194	104.2727068
Nivel	530.7128028	43.21175735	1867.255974	296.9639659	661.2509065	19.0148194	361.5533569	172.7802894	727.5102389	16.62904348	276.5250872	104.2727068	

Valores promedio Mandibula 2

	M2M1.ODER1515N1				M2M1.ODER1510N				M2M1.ODER15N				
	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif.Nivel	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif.Nivel	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif.Nivel	
Galga 1	Pico 1	513.6822917	16.19416029	262.2702807	-61.55247536	508.921659	6.46633471	42.07253789	-47.578801	510.0234742	5.704550744	32.54189919	-22.931582
	Pico 2	515.3222222	16.22146159	263.1358163	-59.9125448	497.29	20.06689843	403.8853286	-59.21045988	508.138	5.176472831	28.78587097	-24.81905618
	Pico 3	519.4390244	18.63244885	347.1880383	-55.78574263	507.08860628	7.797474349	60.80060523	-49.43239715	509.4387087	5.002705594	25.02705594	-23.51534865
	Pico 4	518.0108108	19.84666508	397.8894477	-57.22295621	504.7003988	7.488948459	56.05493723	-51.78986118	505.8421053	6.417180234	41.18020216	-27.11285092
	Pico 5	520.398773	18.82228121	354.2782701	-54.83599402	504.0724638	7.540253399	56.85602454	-52.42799621	501.4191919	4.812318727	23.15941153	-31.535896426
Galga 2	Nivel	575.234767	11.85364259	141.4597364	-51.86934812	556.500046	7.557133596	57.11028682	-41.73413487	532.9550562	10.27888213	105.6654178	-21.17963328
	Pico 1	562.8697917	12.16633085	148.0198062	-50.59136201	554.4876959	5.214039743	27.19559652	-46.28183073	558.2300409	4.728345121	22.33833827	-21.01768021
	Pico 2	563.8777778	13.8906184	192.9482214	-49.0103593	549.96	21.70848711	471.2738683	-41.3524957	558.392	4.430277061	19.62735484	-20.3105987
	Pico 3	565.5487805	14.05871445	198.890574	-45.42941006	554.8798812	5.781198278	33.42228509	-40.62313507	560.3483871	4.819594137	23.22843784	-19.08129311
	Pico 4	569.1297297	18.31501025	335.4396005	-45.27079623	555.60886957	6.109797851	37.3296289	-39.59710019	559.0986842	5.917489924	35.0156887	-20.3105987
Galga 3	Pico 5	569.283438	14.66402926	215.0338287	-45.27079623	568.6286957	6.899100538	47.59758007	-40.62313507	557.3232323	4.383467517	19.21479347	-22.08644788
	Nivel	614.5591398	16.38201729	288.3704804	-178.5529794	598.2316307	7.270210837	52.85596561	-108.1176886	579.4088802	10.55920734	111.4785156	54.40813826
	Pico 1	622.3020533	29.03531693	843.0496291	-174.0897849	644.3317972	18.08898638	384.3894009	99.32627746	665.5023474	5.03349674	25.33907937	45.65779084
	Pico 2	619.8388889	29.85864245	891.5325574	-171.848457	645.355	31.86627131	1002.752739	89.34948022	656.752	17.18686775	295.3815484	47.87898438
	Pico 3	617.597581	24.72591338	611.3707916	-187.6346788	651.0471204	15.61621558	243.866189	105.0416006	658.8741835	13.24933146	175.5447842	44.95184347
Galga 4	Pico 4	613.3837838	29.94394685	898.6399653	-173.7807734	646.6407186	18.6690272	348.1592959	100.6351988	656.0460526	15.21516271	231.5011784	44.95184347
	Pico 5	619.5398773	26.25461058	698.2993258	-134.8999637	654.1231884	11.71588033	137.2620861	108.1176886	662.1717172	8.658835931	74.87643988	51.07750801
	Nivel	445.7491039	31.88384891	1022.966591	-287.0263777	546.0055188	16.48845701	271.8692144	-108.1176886	611.0942082	13.65918361	188.5732969	43.70744316
	Pico 1	684.828125	25.43314078	646.8446499	-134.8544691	688.281108	16.46374419	271.0548728	78.58103233	702.5164319	4.342197778	18.85468155	43.70744316
	Pico 2	686.4388889	26.01335366	676.6945686	-134.516588	688.28	32.35112636	1046.595377	78.53992634	696.576	14.00605052	187.68973095	42.03617253
Galga 5	Pico 3	684.8902439	22.38123184	500.0246895	-132.9128308	691.7905759	14.43891382	208.4822265	82.07050225	700.8451613	11.50163282	132.2875576	42.03617253
	Pico 4	683.2864885	26.15025732	683.8359577	-132.9128308	689.1017984	16.9838031	287.92331	79.38172274	698.8078947	13.38347071	178.1172883	38.09890597
	Pico 5	685.0736196	23.25477736	540.7846702	-134.8999637	698.1594203	11.224007843	126.3393632	88.43934663	700.3838384	7.136878689	50.81791007	41.57484962
	Nivel	550.3736559	24.82419215	606.350839	-287.0263777	609.7200727	11.89327281	139.7328289	-219.15307177	658.8088888	12.62839891	158.4784589	-120.036455
	Pico 1	498.1510417	62.16378113	3884.327852	-285.5239749	372.840583	33.67391866	1130.397877	-220.7312707	352.1502347	18.67661232	278.1083985	-115.1228897
Galga 6	Pico 2	499.6444444	66.32479943	4398.979019	-282.946712	371.44	31.7700449	1008.373877	-216.3734682	367.064	23.86344321	575.205484	-108.516722
	Pico 3	502.2317073	68.80872776	4463.406105	-274.594973	375.7858115	35.70842285	1274.948533	-205.55465043	363.6708977	24.74837265	612.4819439	-108.516722
	Pico 4	505.5189189	74.27988287	5517.500999	-274.594973	386.6187685	30.80752795	848.1037766	-211.4759185	365.3289474	29.53766947	872.4739585	-108.516722
	Pico 5	510.5828221	70.4003381	4956.207804	-274.594973	592.1712707	29.92914995	895.6941916	-237.7493402	363.1282828	20.28550574	411.5017433	-108.0804271
	Nivel	785.1774184	39.33262927	1547.00548	-340.7739695	692.1112707	38.16188852	1533.353417	-258.18593	472.1888887	19.07114734	679.4201341	-133.3474828
Galga 8	Pico 1	394.8541687	75.804851	5748.177854	-343.1614895	332.78	33.70898987	1138.353417	-257.8245687	328.3474178	19.36763141	378.1051466	-130.3020908
	Pico 2	392.4666867	79.60639204	6337.177854	-337.2805752	333.1413613	36.63480215	1583.237807	-257.8245687	331.382	28.14255729	848.2884552	-130.3020908
	Pico 3	398.347561	81.53523793	6647.966026	-333.1794876	333.1886529	33.71886529	1891.625135	-257.8245687	334.2193548	29.98687987	888.1333868	-130.3020908
	Pico 4	402.4486486	89.80519851	8082.94438	-325.5483816	324.7753823	37.36820259	1396.635301	-266.1905677	334.8618421	36.84135478	1387.285422	-130.3020908
	Pico 5	410.0797546	85.73293168	7350.135575	-325.5483816	590.96593	36.03863441	1298.78317	-266.1905677	323.2876788	23.04451807	531.0483128	-138.4272238
Nivel	735.8281382	44.86012818	2012.4311	-325.5483816	590.96593	36.03863441	1298.78317	-266.1905677	461.5949008	19.35480279	374.6083909	-138.4272238	

ANEXO VI

Valores promedio Mandibula 3

	MGENI15N15N				MGENI10N10N				MGENI5N5N				
	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif-Nivel	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif-Nivel	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif-Nivel	
Galga 1	Pico 1	1012,88823	36,52350406	1363,345162	351,811318	708,0220984	55,39634523	3068,755064	389,2859765	627,5597484	47,92468091	2298,792294	179,7421328
	Pico 2	1014,792079	34,18804214	1168,822226	363,7051871	727,0622781	47,16257175	2228,195588	408,3300535	619,5490046	28,18228125	794,2409766	172,1314289
	Pico 3	1009,117647	45,47631457	2068,095187	348,030735	700,8928571	92,06716473	8476,362821	382,15567342	659,8578189	40,67113956	1654,141593	212,0402042
	Pico 4	1007,824121	50,12372794	2512,398102	346,7372085	719,772973	56,92702123	3472,393931	401,036885	653,8927711	56,35737328	3176,153923	206,8751554
	Pico 5	997,3275862	63,73147822	4061,701316	336,2408741	643,3358719	71,86961738	5168,117087	324,5997549	962,3224044	56,11164194	3148,515363	214,5047887
Nivel	661,0689121	54,89446106	3013,401855		318,736123	72,29909069	5227,168515		447,8176157	37,95619647	1440,672851		
Galga 2	Pico 1	1011,765487	38,37722535	1472,811428	324,7777587	733,8187846	57,383497034	348,9159664	603,8742138	44,2443935	1957,565356	180,068164	
	Pico 2	1014,094059	35,53312608	1262,603049	327,1063293	754,7720568	41,6537899	1735,036547	370,0632407	597,0318471	26,44646755	698,4156459	163,2267973
	Pico 3	1009,162896	44,39654317	1970,964253	322,1751659	732,3316327	85,33964638	7282,836174	347,8286145	634,9620853	37,01452075	1370,074746	191,1560365
	Pico 4	1008,135678	48,01532461	2305,471397	321,1479483	748,8918919	52,06844056	2713,20564	362,1890738	631,8072289	51,08482733	2809,659584	188,0011791
	Pico 5	998,6551724	60,22469057	3627,013355	311,6674424	681,8931298	64,63045863	4177,098183	297,1903117	639,8688825	50,01092477	2501,092596	198,0628026
Nivel	896,9877301	49,09060256	2409,88726		354,7028181	66,37077014	4405,071714		443,8060488	34,16947077	1167,552733		
Galga 3	Pico 1	907,8230688	79,38577875	6302,101868	343,2452992	621,6629634	35,98463515	1292,735789	238,5681826	749,5622842	34,341525	1179,340339	125,9035453
	Pico 2	889,3613881	72,49870882	5256,08278	324,7638785	635,8764706	30,49587279	929,9982571	252,5916798	754	20,88092001	436,0123205	129,9412811
	Pico 3	905,6470588	90,42622484	8176,902139	341,0693492	616,4693878	60,10839889	3613,019571	233,374597	778,563981	30,77521314	947,1137441	154,5052622
	Pico 4	895,6030151	89,979112	8096,240597	331,0253055	628,9081081	38,28050849	1463,86651	245,8133173	772,8795181	48,00855923	2304,82176	148,8207992
	Pico 5	882,4425287	104,6848084	10954,72211	317,8648191	581,9770992	45,5826328	2077,776395	198,8823085	782,1092896	39,83277963	1570,757221	158,0605708
Nivel	564,5777096	33,16054731	1099,621898		383,0947908	42,68729948	1822,205537		624,0587189	27,92535727	779,8255784		
Galga 4	Pico 1	1014,684071	27,15395634	737,3373451	208,3938887	630,3259689	38,45182902	1478,543155	252,5273802	481,6037736	36,70477823	1347,240745	132,4807843
	Pico 2	1018,069307	26,13103506	682,8309935	208,8791229	640,5387647	32,71287165	1070,131972	262,733178	478,7133758	22,22987449	494,1673199	129,6003885
	Pico 3	1013,411765	30,04175348	902,5069519	207,2216807	620,2285918	63,40179843	4019,788043	242,4250052	506,2511848	30,73145986	943,8080343	157,1381055
	Pico 4	1011,763789	34,80874893	1211,509771	205,963948	628,8324324	41,00483835	1681,396789	250,8288458	504,0240984	42,60416139	1815,114567	154,9111071
	Pico 5	1004,856322	43,02918811	1851,511029	198,6681378	576,1374046	47,64415589	2269,96559	198,3338179	508,2131148	41,13504218	1892,091695	159,1001264
Nivel	808,190184	33,95928422	1153,232984		377,8035867	42,79650542	1831,540878		349,1128883	26,83023789	719,6819655		
Galga 5	Pico 1	903,8716814	79,34759756	6296,041239	360,8031743	942,9719006	24,66575578	608,3995089	186,5275163	660,3710692	12,08433043	146,2723286	67,48672755
	Pico 2	892,4405941	74,36931465	5530,784961	349,3708959	954,7647059	19,36978758	375,188671	188,7143216	649,3184713	6,312419806	39,8469438	58,4341297
	Pico 3	890,2850679	97,9959888	9603,213821	347,2165607	941,3418387	73,74140878	5437,795369	185,2914524	857,7203791	8,598927017	73,90715414	64,83903761
	Pico 4	908,6532663	93,73261658	8785,803411	365,5647592	967,2864865	25,64979619	657,9120447	241,2381022	654,4036145	31,66586517	1002,727017	61,5192782
	Pico 5	880,3678161	115,83868475	13416,592225	337,2993089	985,5496183	37,1483985	1380,003288	229,499234	852,6338768	16,47350019	271,3762085	58,749653814
Nivel	543,0685072	47,43184062	1401,142692		756,0593943	46,54432707	2166,374382		592,8943416	14,38600798	206,9672257		
Galga 6	Pico 1	1007,802655	44,21029837	1954,550482	315,9320772	841,281768	31,11436162	968,1034961	264,0947483	608,3459119	19,97688139	398,0767901	89,49092974
	Pico 2	1014,693069	31,79105997	1010,871494	322,7272717	849,0294418	21,84183589	477,0657952	271,0423921	596,9171975	10,15266646	103,0764331	78,06221526
	Pico 3	1002,904977	51,18402647	2619,804598	310,9346297	837,0510204	83,91819651	4085,535845	259,3840008	618,6872038	13,99410683	195,835026	97,83222159
	Pico 4	1006,728643	48,02794571	2306,863589	314,7582956	853,8918919	27,61118215	762,373796	276,5048723	611,686747	33,33973067	1111,537641	92,83176478
	Pico 5	991,17818092	69,66416989	4853,096536	299,8112615	830,8259542	44,98500107	2021,851321	253,4389346	611,5846995	25,30847458	640,5183855	97,72971725
Nivel	891,9703476	46,66915875	2178,010379		577,1870196	60,01346033	3601,615421		518,8549822	20,86285118	435,2585693		

Valores promedio Mandubula 3

MADIGASTINEN				MADIGASTONTON				MADIGASTASN					
Media	Desv. Est.	Varianza	Dif-Nivel	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif-Nivel	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif-Nivel		
Galga 1	Pico 1	892.1779661	82.37833131	6786.18947	263.7007625	979.2275449	31.78962948	1009.309357	179.1240311	969.6203066	24.01281003	578.6150455	102.9387765
	Pico 2	887.3333333	87.82548084	9586.824701	258.8561287	967.180791	30.60212176	936.4868662	187.0772172	970.3121387	22.97814236	627.986262	113.6278766
	Pico 3	913.8674242	65.45954429	4284.951939	285.3802206	966.5546652	27.9251158	779.6341969	195.8894862	979.0541872	17.32828112	300.2693264	122.3899271
	Pico 4	880.4367089	88.95466522	7561.113803	261.8696952	903.8625	45.78028383	2085.834571	183.7669862	980.569378	15.22100712	231.6790578	123.8851179
	Pico 5	881.776699	73.08616092	5341.989903	283.2994954	873.055503	48.54929913	2357.034446	17.39653678	984.392638	17.39653678	302.7090313	127.7083177
Galga 2	Nivel	628.4772036	43.20238656	1888.44446	227.8513214	800.103138	22.16443296	491.2620884	159.0807843	856.6842801	48.79308735	2380.763422	90.94098708
	Pico 1	701.9966102	71.23011069	5073.726669	217.518997	714.8281425	47.58863331	2265.620374	165.401836	751.4188482	23.62593346	658.5183797	117.1186873
	Pico 2	691.4642857	82.98631224	6888.718835	217.518997	748.980452	32.32827444	1045.401836	166.4124938	759.3468208	22.9713786	627.0301788	98.86969873
	Pico 3	719.3522727	80.00247899	3600.297485	245.408984	747.6870103	93.48384046	8730.723466	185.0190521	789.1280788	18.28252831	334.2803413	108.6502277
	Pico 4	688.1772152	76.37912122	6588.707248	214.2318264	698.5898687	46.18510960	2131.217994	167.0187085	773.430622	33.90266356	1149.3903596	112.9927709
Galga 3	Pico 5	678.8834951	84.81229332	4200.633336	204.9382064	740.8029666	66.92634393	360.0169892	157.9850004	778.3067485	18.94903212	359.065184	117.82888974
	Nivel	473.8452888	31.20388761	973.682602	317.7025097	582.8478882	19.9740876	360.0169892	213.786936	690.4778511	17.82199008	317.623297	119.7489477
	Pico 1	593.1483051	91.37893536	8350.108827	282.5303951	757.748503	40.41929814	1633.719601	190.1012903	779.2984293	34.60382353	1187.431524	131.7483161
	Pico 2	567.9761905	120.1963509	14447.16278	311.9670634	758.1751412	45.26304628	2047.889469	214.2235743	791.2847977	34.15371931	1166.473543	146.5638189
	Pico 3	687.4128788	97.49809389	8505.878313	281.8073692	687.4128788	38.28817438	1465.984296	228.3257836	806.1133005	29.58611752	875.2791787	153.9624801
Galga 4	Pico 4	557.2531846	109.8524161	12067.55333	286.3017775	749.7868687	64.55541336	4167.401395	205.8150897	813.5119617	27.08818464	733.7702889	153.9624801
	Pico 5	561.7475728	85.55031984	7318.867224	286.3017775	744.1380947	56.88913119	3237.51113	200.1845277	812.6564417	30.2831046	917.0884243	153.1069601
	Nivel	275.4457853	48.00255497	2304.246284	286.3017775	543.951567	25.93693865	672.7248383	172.5357586	659.5484816	21.63306022	487.9882945	115.8236772
	Pico 1	615.029661	79.59308193	6338.058891	282.7824472	588.2874251	37.12841632	1378.519289	188.5935262	622.7088063	30.81332428	949.4609534	115.8236772
	Pico 2	589.868254	109.390447	11966.2669	243.7210402	586.778661	40.89843122	1669.411402	188.5935262	626.6878613	29.26434696	856.402003	119.8047321
Galga 5	Pico 3	606.9659091	86.16763885	7424.861951	280.7186953	600.3505155	34.01814244	1167.234015	202.1643806	638.6985074	27.06434119	732.4785641	131.8163783
	Pico 4	586.6518987	96.37942054	9288.992703	240.404885	680.675	56.1388852	3379.893833	182.4888651	637.3732057	23.98445911	675.2842786	130.4900766
	Pico 5	596.2718447	78.32638029	6135.023416	280.0246309	570.7218935	51.2591414	2827.489877	172.5357586	637.3865031	27.24804011	742.5101871	130.5033739
	Nivel	348.2472138	38.40334776	1474.81712	280.0246309	398.1861349	21.28366455	453.4158912	172.5357586	506.8831291	15.46501311	238.8919887	130.5033739
	Pico 1	959.7076271	121.346117	14724.88011	378.4350841	886.2814371	52.97851779	2800.263699	297.2130611	932.0052356	29.94469781	896.6788188	165.6649006
Galga 6	Pico 2	982.2460317	123.8791782	15346.05078	380.9734887	890.5586723	44.17525045	1951.463089	321.4852862	938.2890173	30.99654384	960.7293388	171.9487723
	Pico 3	1004.007578	48.79591958	2381.041787	422.7350327	897.5206186	45.19138447	2042.281231	328.4824226	944.9507389	42.17123905	1778.413403	178.6104939
	Pico 4	963.7405063	110.4623278	12201.92596	372.4679633	888.7208333	87.0870382	4500.670694	319.6524573	951.7272727	21.94983951	481.7854545	185.3870277
	Pico 5	956.1067961	89.76340499	8057.468875	374.8342531	837.3840237	87.42617181	7643.335517	288.2156476	948.6594417	23.84667397	559.1651897	182.3161967
	Nivel	581.2725431	65.59906136	4355.744103	310.8958704	669.0883781	45.55971188	2079.333723	310.895112	796.3402451	26.65289592	710.3861996	172.2578805
Galga 6	Pico 1	967.2076271	113.8007745	12980.61628	322.4874671	761.245659	55.57773866	3088.885145	340.2197273	822.1272748	33.33476914	1114.203834	172.2578805
	Pico 2	878.8095238	107.7012035	11589.564923	322.4874671	780.6141243	44.90002877	2016.012683	340.2197273	827.0348821	34.42364248	1184.887182	177.1186877
	Pico 3	1020.183182	16.75805036	248.3161511	363.8811251	782.814433	47.81586825	2266.39169	348.5820036	840.783251	22.16758892	491.4011122	190.8632308
	Pico 4	1002.06862	60.27147894	3832.651173	353.7578635	778.4818687	68.13784816	4780.041771	338.1827067	843.7388421	22.68842878	514.8102227	183.8210478
	Pico 5	1008.38835	42.0084569	1764.710461	353.0762928	719.0089172	92.11371649	8485.994012	278.7115202	838.9818961	25.58005406	664.3391653	189.0865008
Nivel	656.3120687	93.79227991	8798.991771	353.0762928	440.294397	46.62803771	2173.987393	278.7115202	848.9818961	28.57022974	812.8331997	189.0865008	

Valores promedio Mandibula 3

	MGMLCIZQ:15N15N				MGMLCIZQ:10N10N				MGMLCIZQ:5N5N				Dif-Nivel
	Media	Desv. Est	Varianza	Dif-Nivel	Media	Desv. Est	Varianza	Dif-Nivel	Media	Desv. Est	Varianza	Dif-Nivel	
Galga 1	Pico 1	648.8958175	60.1663283	3620.227731	14.5642706	687.2647059	4.686961684	21.98760983	-8.128448604	655.1469194	5.877208191	32.23069285	-16.02965116
	Pico 2	672.8503937	21.0730252	444.0723911	38.71884681	683.5974576	5.703586462	32.53088713	-11.77959686	682.9298246	10.19822849	104.0033943	11.75395397
	Pico 3	667.1	23.45561569	550.1752996	32.96845311	689.4753086	5.232721484	27.38137413	-5.917845845	682.5155278	8.248564716	68.03881988	11.33905738
	Pico 4	663.8815789	25.27782217	638.9682935	29.75003205	693.5228758	5.177233776	26.80374957	-1.87027867	705.6878613	3.426253385	11.73921228	34.51139068
	Pico 5	643.1954023	25.84264831	657.5454123	9.063855405	694.1230769	3.394063329	11.51961987	-1.270077564	709.06948211	4.197574587	17.61963241	37.88195046
Nivel	634.1315469	7.53931036	56.8412109		696.3931546	7.512083435	56.43139754		671.1764706	33.62317736	1130.513056		
Galga 2	Pico 1	697.7870722	21.45269963	460.2140307	25.867465201	602.8277311	3.986163031	12.86049358	5.276386742	837.3080969	5.465465738	29.87131573	6.811431993
	Pico 2	706.1614732	18.57999359	345.2161662	34.1945663	604.7245763	4.373565398	19.12604726	-2.826785079	835.5789474	4.454161519	19.83965483	5.082322489
	Pico 3	702.2653846	20.62735333	426.5354767	30.34571438	602.2222222	26.97272605	727.5279503	-5.329119128	837.8881888	3.998427486	15.98742236	7.391573878
	Pico 4	700.8988421	20.91149385	497.290575	28.56723187	609.3464052	3.593342275	12.71021087	1.795053878	838.9884393	3.701018778	13.69753999	8.491814427
	Pico 5	686.4137931	22.32188714	498.2670919	14.49418287	608.1923077	3.84001	14.7456768	1.640896342	841.2894737	3.383025592	11.44486216	10.7928488
Nivel	671.9198102	7.201853951	51.86670034		607.5513414	5.766714881	33.25900051		830.4966249	16.31279782	286.1073728		
Galga 3	Pico 1	332.4828897	48.49725234	2351.883485	-162.6937742	456.7478992	37.11976704	1377.877105	-131.4953941	842.5592417	16.27706876	284.9429023	-59.28718067
	Pico 2	307.8889764	48.27050053	2330.041222	-187.4876375	444.8220339	27.24268595	742.163938	-143.4212593	838.8956114	15.62571522	244.1629763	-54.83080834
	Pico 3	308.1384615	58.83251879	3437.77228	-187.0381523	458.8703704	36.90513925	1361.989303	-129.3729229	836.0062112	17.4318304	303.8687112	-96.82021119
	Pico 4	308.8508772	53.36231944	2847.637136	-185.3257367	444.3921569	21.88102858	478.7784118	-143.8511364	837.0520231	16.61753973	276.1425267	-94.77439925
	Pico 5	321.362069	44.48590019	1978.995316	-173.8145449	458.2615385	30.88082539	935.1868813	-129.9817548	838.1105263	18.81442075	353.9824283	-63.71599606
Nivel	485.1766139	33.54846133	1125.489257		588.2432932	25.72484413	661.7676054		901.8284224	17.93846078	321.7883745		
Galga 4	Pico 1	288.4448669	32.22386808	1038.377674	-109.507853	575.2310924	26.22012384	687.4948942	-90.61804632	775.2417082	9.815117831	96.33653803	-38.15848667
	Pico 2	249.8958268	32.42051328	1051.08968	-128.0688702	566.5381356	18.66395511	348.3432203	-99.31200317	776.2675439	9.680693614	83.7210565	-37.1328469
	Pico 3	248.4192308	40.13275768	1610.838239	-129.5332662	575.8851852	25.95396599	673.6083508	-90.1649358	771.3975155	11.40300372	130.0284938	-42.00267734
	Pico 4	247.0315789	34.25462139	1173.379086	-130.320916	586.4801961	15.99428078	255.8173375	-99.35994268	771.7976879	10.67403323	113.94139	-41.602505
	Pico 5	252.2183908	29.63864267	878.4491396	-125.7341062	576.0923077	21.28814721	453.1852117	-89.75783107	770.7052632	11.40070887	129.9761626	-42.89482971
Nivel	377.852487	24.82572252	621.2916431		685.8501388	18.28813185	334.3460393		813.4001829	14.89439752	221.5452895		
Galga 5	Pico 1	930.4604943	134.7481355	18157.08002	390.7401896	1019.819328	19.96000548	398.401819	132.786708	978.1279621	55.06652016	3032.321843	170.4789748
	Pico 2	972.1889764	106.7642471	11396.60446	432.4386719	1023.584746	2.268475057	5.145979084	136.494089	991.0175439	48.58626598	2360.625242	182.3685564
	Pico 3	967.4538462	127.1578602	16169.12141	417.7035416	1020.716049	12.12078328	148.9126601	133.6253926	995.4285714	45.20629302	2043.603929	186.7795864
	Pico 4	968.3903509	118.9186272	14141.63991	418.6400464	1023.873856	0.025627795	136.8831994	136.8831994	999.982659	38.74716404	1501.342721	181.3336715
	Pico 5	930.408046	115.4629292	13331.88803	390.6677415	1023.638462	1.414234645	2.00005963	136.5418047	1006	32.86496341	1080.10582	187.3510125
Nivel	539.7503045	58.29529951	3169.180747		887.0906588	49.20829574	2421.258589		808.6489875	67.99065292	4588.495362		
Galga 6	Pico 1	978.3764259	90.8312279	8260.311961	382.4702139	984.9705882	78.16667236	6110.028667	334.7642978	1011.6688246	27.11780096	735.3781298	133.7808212
	Pico 2	998.4724409	67.47739505	4553.198842	382.566229	996.7372881	54.23329086	2941.248838	346.5309977	1018.425439	21.96065877	481.8314205	138.5180133
	Pico 3	988.0153948	90.80309704	8190.810573	370.1091727	982.9012346	73.8028907	5418.474657	332.6949441	1018.3726711	15.75548312	248.2352484	140.4652465
	Pico 4	992.8666887	73.58828655	5416.707783	376.7604547	1014.039216	26.63811718	709.4326625	363.8329252	1019.9768779	11.62242908	135.0806576	142.068486
	Pico 5	993.2128437	61.56366629	3790.087489	377.3064317	997.4692308	54.13823656	2930.948658	347.2829403	1021.694737	9.979192507	80.62589808	143.7878113
Nivel	815.9062119	68.9835415	4758.728998		850.2062905	73.53038549	5406.71759		877.9074253	80.98445387	6558.481769		

Valores promedio Mandibula 3

	M3MIL ODER15115N1				M3MIL ODER15115N1				M3MIL ODER15115N1				
	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif.-Nivel	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif.-Nivel	Media	Desv. Est.	Varianza	Dif.-Nivel	
Galga 1	Pico 1	567.2574257	56.35956941	3176.401064	-214.953373	679.0440529	60.67779257	3681.794511	-135.2841983	593.4823908	37.50046819	1406.285114	-112.2632479
	Pico 2	563.640625	40.43650592	1635.111011	-217.9691738	670.2777778	47.65413751	2270.916822	-144.0504733	590.1325967	22.22065229	493.9712093	-115.6135572
	Pico 3	579.2165605	48.23321746	2332.234852	-202.3632383	697.375	60.378427	3645.312937	-128.8532511	566.7282293	30.47859281	828.9446198	-139.0189246
	Pico 4	582.1688393	48.53878425	2165.85844	-199.4412594	660.5	32.82858033	1077.176686	-153.8282511	569.3433735	21.96246895	681.9116831	-136.4027804
	Pico 5	601.1015625	43.85495776	1923.25732	-190.5082363	668.0333333	30.61344868	837.1832402	-166.52949178	576.21966532	26.09170466	680.9770534	-127.5656507
Galga 2	Nivel	781.6097988	44.23836248	1981.045508	814.3292511	27.82543462	774.2548116	-96.78534995	705.7481538	30.39877702	924.0886445	-75.06517094	
	Pico 1	294.8267327	39.68695528	1573.367342	-130.0779042	702.36325799	45.20985899	2043.299365	-104.0438231	645.7521368	17.80167614	316.8967315	-83.84602897
	Pico 2	272.7291667	25.95394983	675.6864276	-142.1754703	665.1255598	35.39845050	1253.050251	-92.71027653	637.1712707	15.87760313	252.0862812	-85.10899062
	Pico 3	272.7643312	31.18064409	972.2325657	-142.1403957	706.4583333	51.3312123	2634.893367	-92.71027653	635.7073171	15.80308344	249.7314462	-85.10899062
	Pico 4	271.752809	32.22897629	1038.706913	-143.1518279	692.6051948	23.0167965	628.8964424	-106.2634151	632.8337349	14.60142606	213.2019428	-87.88591275
Galga 3	Pico 5	269.71875	26.96510942	727.117128	-145.1658989	686.1333333	21.43394452	459.4011173	-113.0327865	627.4046243	11.1506752	124.3353273	-83.41288341
	Nivel	414.9046399	28.17639522	893.2038925	799.1698069	19.11883609	365.5299935	64.12476745	720.8173077	22.59886823	510.7098135	32.32232806	
	Pico 1	488.6732673	38.88660892	1495.106845	150.9602315	582.7444934	21.55433565	464.5892948	64.12476745	627.6367521	8.012957749	81.22786971	33.47010731
	Pico 2	488.03125	27.82298991	771.8943063	170.3182141	589.2111111	8.014643463	64.23451273	80.59138017	638.7845304	3.396564183	11.53984825	45.24167448
	Pico 3	493.4649882	11.75690123	138.2247284	175.7519323	580.7291667	33.29109139	1108.296786	82.10943572	650.5560976	4.743729028	22.50295509	31.5837652
Galga 4	Pico 4	488.8370787	26.80097716	723.6625722	171.1240428	595.8441558	4.35039255	18.92980222	97.2244249	648.873494	4.734363977	22.41420226	43.5590708
	Pico 5	487.75	34.83078599	1199.291339	170.0369641	593.7444444	9.879227246	97.59913097	85.1247135	640.2138728	5.284403723	27.92492227	34.89944976
	Nivel	317.1730359	47.68082871	2274.414953	498.6197309	44.95548133	2020.895302	62.2801584	805.3144231	30.00240901	900.1445463	19.19732806	
	Pico 1	582.7871287	30.09370494	905.6310773	113.5902763	634.0440529	18.93597928	358.5644224	53.37051026	629.2521368	7.870770594	61.84602975	28.72419783
	Pico 2	596.203125	22.68900582	514.7909849	126.0062746	656.5722222	6.669171417	44.578833	75.89887962	638.7790065	2.46662187	8.08422345	36.14519231
Galga 5	Pico 3	599.388535	10.00620994	100.0724318	130.1916846	643.1388889	33.40043383	1115.589967	62.46534629	646.2	2.741117562	7.51972549	31.5837652
	Pico 4	601.4157303	15.02375444	226.7131975	132.2188789	655.8415654	3.95106838	15.61084135	75.28801584	641.6385542	3.606654836	13.00783911	27.85270676
	Pico 5	593.921875	21.68946006	478.4111713	124.750246	651.0166667	8.414190584	70.78980335	70.34312407	637.9075145	4.324430465	18.70063902	27.85270676
	Nivel	469.1968504	35.80925684	1298.019885	486.7983637	580.6735426	35.89545473	1281.765861	-268.7551723	610.0549077	24.90358455	620.1885235	-260.5987521
	Pico 1	219.7178218	144.6461614	20922.51202	-486.7983637	82.50660793	93.8461515	8625.879381	-300.040558	346.0940171	48.45807416	2347.991123	-273.2001062
Galga 6	Pico 2	169.9895633	97.2056701	9448.942299	-536.5266021	51.22222222	52.94875308	2803.570453	-276.5633358	333.480663	41.61764989	1732.023791	-308.8773546
	Pico 3	164.477707	93.60299318	8761.520333	-542.0394765	74.69444444	88.62707899	7854.75913	-313.1653777	333.8634146	39.46922291	1557.030273	-256.3976367
	Pico 4	152.4269663	104.104238	10837.69238	-554.0892192	38.0974028	31.8632227	1015.264961	-314.4350025	348.2831325	39.74232861	1678.452683	-321.0390113
	Pico 5	166.703125	104.712983	10964.80881	-539.8130605	36.82777778	31.29921029	979.6405649	-314.4350025	350.3468208	31.88040569	1015.083318	-256.3976367
	Nivel	705.5161895	81.85967986	8455.845403	-581.5116673	801.165850031	96.21202387	9256.753499	-288.6736967	606.6807692	57.77341169	3337.787099	-273.5712807

Agradecimientos:

Al Prof. Tomás Escuín Henar, que nos supo transmitir su interés por estas cuestiones, nos motivó y nos aportó sus conocimientos, orientándonos en todo momento.

Al Prof. Antonio Ros Felip, que nos ayudó y alentó en el diseño biomecánico del experimento.

Al Prof. Carlos Ascaso Terrén, por sus consejos, y diseño estadístico, sin el cual, la interpretación estadística de este trabajo no habría sido posible.

Al Prof. Daniel Llombart Jaques, con quien compartimos inquietudes y criterios biomecánicos mandibulares.

Al Prof. Javier Gil Mur, quien puso el contrapunto entre material y simulación.

Al Prof. José Manuel Casteleiro Villalba, quien nos introdujo su pasión por la fotoelasticidad.

A los miembros del equipo: Nuria Noguerón, Cristina Esquiús, Juliá Monreal, Sergi Torné, David Juliá; colaboradores en el desarrollo del programa de postgrado en Rehabilitación y Prótesis Maxilofacial.

A Tomás Escuín Casinos, que nos apoyó en las tareas propias de ingeniería.

A Miguel Mayos y Teresa Tomás, por sus colaboraciones en las tareas de laboratorio.