



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO DE TELECOMUNICACIÓN,
ESPECIALIDAD EN SONIDO E IMAGEN

Título del proyecto:

DISEÑO E IMPLMETACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA
PARA LA PLANIFICACIÓN DE OSTEOTOMÍAS

Jon Huarte Abárzuza

Arantxa Villanueva Larre

Pamplona, 24 de septiembre de 2010

1. Introducción.	4
1.1. Deformidad angular.	4
1.1.1 Deformidades Constitucionales o Fisiológicas.	5
1.1.2 Malformaciones congénitas.	6
1.1.3 Deformidades postraumáticas.	6
1.1.4 Infección.	7
1.1.5 Iatrogenia.	7
1.2 Valoración de las deformidades.	8
1.2.1 Historia y Exploración Física.	8
1.3 Técnicas de Imagen.	9
1.3.1 Radiología Simple.	9
1.3.2 Radiología Computerizada (CR).	9
1.3.3 Radiología Digital Directa.	9
1.3.4 Tomografía Computerizada (TC).	9
1.3.5 Resonancia Magnética.	10
1.3.6 Artrografía Intraoperatoria.	10
1.4 ANÁLISIS MECÁNICO.	10
1.4.1 Eje Mecánico de la Extremidad Inferior (EM).	10
1.4.2 Ángulo epífiso-diafisario (AED).	11
1.4.3 Angulo de Orientación de la Interlínea Articular.	11
1.4.4 Eje Anatómico de un segmento óseo (EA).	11
1.4.5 Longitud Comparativa de las extremidades inferiores.	11
1.4.6 Rotación de las extremidades superiores.	11
1.4.7 Traslación.	12
1.4.8 Componente articular de la DA.	12
1.5 Ápex de la Deformidad Angular.	12
1.5.1 Definición.	12
1.5.2 Determinación del (los) ápex de una DA.	12
1.6 Manejo de las DA.	13
1.6.1 Primeras Cuestiones en la Toma de Decisiones.	13
1.7 Planificación mecánica.	14
1.7.1 Corrección de las DA.	14
1.7.1.1 Material gráfico útil para la planificación mecánica.	14
1.7.2. Escenarios de Corrección Angular.	15
1.7.2.1 DEFORMIDAD ANGULAR SIMPLE.	15
1.7.2.2 Deformidad angular con translación.	15
1.7.2.3 Deformidad angular con rotación.	16
1.7.2.4 Deformidad angular con disimetría.	16
1.7.3 Otros datos a tener en cuenta.	16
1.8 Osteotomías.	17
1.8.1 Osteotomía de corrección Aguda vs. Progresiva.	17
1.8.2 Tipos de osteotomías de corrección aguda.	17
2. Antecedentes y Objetivos.	18
3. Desarrollo del proyecto.	18
3.1 Planteamiento del proyecto.	19
3.2 Conocimientos sobre planificación mecánica.	19
3.3 Interfaz gráfica de usuario en MatLab.	20
3.4 Estructura del programa.	22
3.4.1 Panel superior.	24
3.4.1.1 Listado de objetos.	24
3.4.1.2 Colocación de los objetos.	25
3.4.2 Panel izquierdo.	26
3.4.2.1 Listado de objetos.	26

3.4.2.2 Colocación de los objetos. _____	27
3.4.3 Panel derecho. _____	27
3.4.3.1 Listado de objetos. _____	27
3.4.3.2 Colocación de los objetos. _____	29
3.4.4 Estructura final. _____	29
3.5 Implementación del código. _____	30
3.5.1 Botones del panel superior. _____	30
3.5.1.1 Botón de Abrir. _____	30
3.5.1.2 Botón de Clear. _____	31
3.5.1.3 Botón de Línea. _____	31
3.5.1.4 Botón de Ángulo. _____	31
3.5.1.5 Botón de Distancia. _____	32
3.5.1.6 Herramienta de línea. _____	32
3.5.1.7 Botón de Texto. _____	32
3.5.1.8 Medidor de distancia. _____	32
3.5.2 Panel izquierdo del programa. _____	32
3.5.2.1 Botón de Contorno. _____	32
3.5.2.2 Botón de Guardar. _____	33
3.5.2.3 Botón de Puntos. _____	33
3.5.3 Panel derecho. _____	33
3.5.3.1 Botón de Extracción de Contorno. _____	34
3.5.3.2 Botón de Girar. _____	36
3.5.3.3 Botón de Mover. _____	38
3.5.3.4 Botón de Trasladar. _____	40
3.5.3.5 Botón de Colocar sobre la imagen. _____	41
3.5.3.6 Botones de Puntos y Guardar. _____	41
3.5.4 Menú y herramientas de zoom. _____	42
3.5.5 Herramientas de zoom. _____	43
3.5.6 Mensaje de salida. _____	45
3.6 Diseño y visualización del proyecto. _____	45
3.7 Creación del archivo ejecutable. _____	46
4. Principales problemas. _____	48
5. Resultado final de la aplicación. _____	49
6. Uso de la interfaz. _____	51
7. Conclusiones. _____	54
8. Manual de usuario. _____	55
9. Anexo I. Índice de figuras. _____	61
10. Bibliografía. _____	63

1. Introducción.

Una interfaz gráfica de usuario es un programa informático que permite al usuario comunicarse con una máquina, utilizando un conjunto de herramientas, imágenes u objetos gráficos para representar la información y acciones disponibles en dicha interfaz. Su principal función consiste en proporcionar un entorno visual sencillo para permitir la comunicación con el sistema operativo de una máquina o computador.

Existen muchas herramientas y programas informáticos que ayudan a la hora de crear una interfaz gráfica. Una herramienta matemática muy conocida y extendida para la producción de estas aplicaciones es el programa informático MatLab con el que se ha desarrollado este proyecto.

El objetivo de este proyecto es la implementación y el diseño de una interfaz gráfica que sea capaz de realizar una planificación mecánica de osteotomías, las cuales son básicamente operaciones en las que se practican cortes en un hueso, de forma que el cirujano puede efectuar cambios en su posición.

El diseño e implementación de una interfaz gráfica en la planificación de osteotomías requiere unos conocimientos previos básicos sobre el problema para poder aclarar todo el proceso que se lleva a cabo en una planificación de estas características y así obtener unos resultados óptimos.

Se mencionarán algunos conceptos básicos que pueden llegar a entender la importancia que puede llegar a tener una buena planificación en operaciones de estas características.

A continuación se van a mostrar a modo ilustrativo los diferentes tipos de deformidades que pueden aparecer así como algún concepto interesante relacionado con las osteotomías y de forma poco exhaustiva ya que no es el objetivo del proyecto. La mayor parte de la información ha sido facilitada por un especialista en este campo.

1.1. Deformidad angular.

El primer concepto que hay que tener en cuenta es el de deformidad angular. Se define deformidad angular (DA) esquelética como la presencia de un problema mecánico derivado de la existencia de ejes y ángulos alterados en un hueso o un miembro del esqueleto.

Si la DA se asienta en un hueso inmaduro, los aspectos biológicos de la deformidad adquieren una importancia tan grande como los mecánicos. Esto es debido a que el esqueleto de los niños se caracteriza por su continuo cambio en el crecimiento y la gran capacidad osteogénica y de remodelación. Esto influye tanto en la deformidad angular así como en su posible tratamiento. Esto es un factor muy a tener en cuenta a la hora de intervenir o no a un paciente que no tiene completamente desarrollados los huesos y los músculos.

El primer paso para la planificación y tratamiento de una deformidad angular es conocer su causa. Esto proporciona información de crucial importancia sobre los siguientes aspectos de la DA:

- Historia Natural de la deformidad.
- Respuesta al tratamiento corrector
- Capacidad regenerativa del tejido óseo en cuestión
- Problemas articulares asociados

Existen un gran número de etiologías que pueden llevar a producir una DA en el esqueleto y a continuación se van a analizar las más frecuentes e importantes y en algún caso se explicarán los aspectos más relevantes de cara al tratamiento de la misma.

1.1.1 Deformidades Constitucionales o Fisiológicas.

El primer objetivo de un cirujano ortopédico ante una deformidad angular es distinguir si se trata de un problema constitucional o patológico para actuar en consecuencia. En general, a diferencia de los trastornos patológicos, las DA constitucionales se producen en individuos normales (desarrollo normal, sin signos displásicos, estatura normal...) y en la mayor parte de los casos, la deformidad tiende a ser moderada, bilateral y simétrica. En las pruebas de imagen no se detectan otras alteraciones que la propia deformidad y no tienen causa conocida por lo que pueden considerarse deformidades idiopáticas.

Las deformidades angulares constitucionales más frecuentes son el genu varo y valgo en dos etapas muy diferentes del desarrollo: niños menores de 7 años y adolescentes. El genu valgo es una deformidad caracterizada porque el muslo y la pierna se encuentran desviados, en el plano frontal, de tal manera que forman un ángulo abierto hacia fuera en el eje diafisario femoro-tibial, el ángulo que va desde la cresta ilíaca antero-superior, pasando por la rótula hasta el tobillo. Cuando el individuo está de pie, las rodillas se aproximan hacia la línea media, es decir, los talones de los pies están separados y las rodillas juntas. Una forma más formal de explicar su significado es decir que el genu valgo es una deformidad en la cual las rodillas se encuentran juntas y los pies separados mientras que en el caso del genu varo ocurre lo contrario, las rodillas se encuentran lejos una de la otra hacia fuera.

En cuanto a los niños pequeños es importante conocer la evolución natural de los ángulos de la rodilla en el plano coronal (antero-posterior). Es completamente normal que hasta los 18-24 meses de vida, un niño presente un moderado genu varo que posteriormente pasa a un moderado valgo que vaya corrigiéndose espontáneamente con el tiempo. A partir de los 7-10 años cualquiera de estas deformidades se corrigen espontáneamente. Esta historia natural benigna hace que los tratamientos correctores de las DA constitucionales en este grupo de edad sean innecesarios máxime si son agresivos. En los niños pequeños, entre las DA patológicas con que debemos realizar un diagnóstico diferencial destacan:

- Displasias Óseas (acondroplasia, hipocondroplasia, etc.),
- Displasia Fibrocartilaginosa Focal tibial o femoral,

- Raquitismo,
- Puentes Fisarios (post-sepsis meningocócica, postraumáticos, etc.),
- Enfermedad de Blount.

En los adolescentes también se pueden dar genu varo y valgo constitucionales. Para estos casos, hay controversia sobre si son o no residuales de DA ya existentes en la infancia y que no han corregido espontáneamente con el desarrollo. La historia natural de estas DA es variable y es posible que al llegar el adolescente a la madurez esquelética no se haya producido la corrección (más frecuente en el genu varo que en el valgo).

Las DA constitucionales del adolescente no suelen acarrear problemas funcionales en sí mismo pero cuando son severas, pueden producir problemas estéticos, alteraciones de la marcha, y desequilibrios mecánicos que pueden favorecer la degeneración articular prematura. En alguna ocasión se puede considerar la corrección quirúrgica de estas DA dependiendo de la edad y de la severidad de la misma mediante cirugía fisaria u osteotomías.

Los trastornos mixtos (angulación y rotación) se dan fundamentalmente en la tibia y consisten en tibias varas rotadas internamente en los niños pequeños y rotadas externamente en los adolescentes. En los niños pequeños la Historia Natural es casi siempre benigna mientras que es variable en los adolescentes dándose deformidades severas residuales que requieren tratamiento en frecuentes ocasiones. En estos últimos casos la tendencia es a realizar osteotomías correctoras de ambos componentes, rotación y angulación, de manera simultánea debido a que con la cirugía fisaria, es muy difícil conseguir corregir la rotación.

1.1.2 Malformaciones congénitas.

La denominación “Malformaciones Congénitas” agrupa una serie de alteraciones genéticas que están presentes ya en el momento del nacimiento. Entre ellas, destacan las siguientes:

- Coxa vara.
- Incurvación tibial antero-externa.
 - Incurvación maligna (Displásica).
 - Incurvación benigna (No displásica).
- Incurvación tibial postero-interna.

1.1.3 Deformidades postraumáticas.

Los traumatismos son una fuente común de deformidades angulares en la edad infantil. Las DA más comunes de este origen se mencionan a continuación.

- Consolidación viciosa (“mal unión”).

- Trastornos fisarios.
- Valgo tibial postraumático (“fenómeno de Cozen”).
- Displasias-Enfermedades metabólicas.
- Acondroplasia.
- Hipocondroplasia.
- Pseudoacondroplasia.
- Displasias metafisarias (las de Schmidt y McKusick son las más frecuentes).
- Osteocondromatosis (enfermedad exostósante).
- Encondromatosis (enf. De Ollier).
- Osteogénesis imperfecta.
- Raquitismo.

1.1.4 Infección.

Los problemas infecciosos pueden afectar al esqueleto de múltiples maneras. Una de ellas es la producción de deformidades angulares de los huesos largos bien de manera directa o indirecta. Los casos más comunes de infecciones que pueden dar lugar a deformidades angulares son los siguientes.

- Artritis sépticas.
- Sepsis meningocócica.
- Estímulo fisario en osteomielitis.
- Enfermedad de Blount.
 - Tipo Infantil (edad de aparición entre 1 y 3 años).
 - Tipo Tardío o del Adolescente (entre 6 y 12 años).
- Displasia Fibrocartilaginosa Focal (DFF).
- Desequilibrio mecánico articular.

1.1.5 Iatrogenia.

Una iatrogenia es cualquier tipo de enfermedad, afección causada o provocada por un acto médico, bien sea por acción directa o secundaria a uso de medicamentos. Los casos más comunes se enumeran a continuación.

- Trauma fisario quirúrgico.
- Resección del peroné.
- Radiación.

1.2 Valoración de las deformidades.

Antes de tomar ninguna decisión sobre el tratamiento, se debe realizar una valoración clínica del paciente que consistirá básicamente en realizar una exploración física y, particularmente tratándose de las DDAA, un estudio de imagen completo y de calidad.

1.2.1 Historia y Exploración Física.

Además del interrogatorio clásico al paciente sobre qué es lo que le pasa, los datos de la Historia Clínica que nos interesan relacionados con las DDAA incluyen información sobre localización y progresión de la DA, trastornos funcionales para realizar las actividades cotidianas y sintomatología, sobre todo dolor, generados por dichas alteraciones. En los niños, lo habitual es que no haya dolor y, solo en casos de DDAA muy severas se producen trastornos funcionales significativos.

En cuanto a la Exploración Física interesa sobre todo:

- Hábito. Una deformidad angular puede enmascarse o exagerarse por este motivo. Esto es más frecuente en las personas obesas que en las delgadas. El genu valgo de extremidades inferiores en pacientes adolescentes obesos puede parecer muy marcado pero puede estar producido más por el volumen de las partes blandas de los muslos que por la deformidad ósea en sí, que incluso a veces es inexistente.
- Marcha. Puede estar notablemente alterada sobre todo si hay disimetría asociada.
- Dismetrías. En el examen físico solo puede obtenerse una idea de la diferencia de longitud de las extremidades inferiores ya que deben ir siempre acompañados del correspondiente estudio radiológico.
- Balance articular. Las caderas, rodillas y tobillos del paciente deben ser examinadas con máximo cuidado tratando de descartar posibles rigideces y/o actitudes viciosas, inestabilidades o simples laxitudes articulares.
- Partes Blandas. Heridas, cicatrices, focos de infección, etc. pueden condicionar la técnica quirúrgica, el nivel de una osteotomía.
- Otros datos que deben valorarse durante la exploración física son el trofismo de la extremidad, la suficiencia vascular periférica y posibles alteraciones neurológicas centrales o periféricas ya que también pueden condicionar nuestras actuaciones.

1.3 Técnicas de Imagen.

Existen distintas técnicas de imagen para el estudio anatómico y cuantificación de las deformidades angulares y las de mayor utilidad se muestran a continuación.

1.3.1 Radiología Simple.

Es el estudio por el que se debe comenzar siempre y el más utilizado. La Radiología Simple es de gran utilidad para realizar el diagnóstico, estudiar el estado de las fisis y la madurez esquelética, valorar la situación de las articulaciones (caderas, rodillas y tobillos), y es esencial para realizar el Análisis Mecánico de la Deformidad.

La Radiología Simple, como el resto de técnicas de imagen, está evolucionando hacia la digitalización de manera que las radiografías convencionales, están dando paso a los sistemas de radiología digital:

1.3.2 Radiología Computerizada (CR).

En este sistema la placa convencional se sustituye por una placa de fósforo. Tras su exposición en las mismas condiciones que en un estudio convencional, los chasis se procesan y se obtiene una imagen digitalizada que puede ser almacenada en un equipo informático. Las ventajas son las de los sistemas digitales en general: posibilidad de modificar (mejorar) las características de la imagen, lo que minimiza repeticiones de radiografías, capacidad de almacenamiento y archivo y facilidad de intercambio (envío) de los estudios. Por otro lado, la dosis de radiación por radiografía es aproximadamente un 10% mayor que en la radiología convencional.

1.3.3 Radiología Digital Directa.

Este es un paso más en el proceso de digitalización mencionado. Se consigue mediante unos paneles planos con detectores que reciben la exposición radiográfica y la convierten directamente en imagen digital. Obviamente esto ahorra tiempo, espacio y trabajo, y las ventajas son las anteriormente mencionadas. Aunque parece que, con el tiempo, con la RDD se conseguirá una reducción ostensible de radiación con respecto a la radiología convencional, en el momento actual las dosis de radiación con ambos sistemas son comparables.

1.3.4 Tomografía Computerizada (TC).

Se utiliza fundamentalmente para estudiar y medir posibles trastornos rotacionales que puedan ir asociados a la deformidad angular.

La TC ha experimentado un avance tecnológico extraordinario en los últimos años. Básicamente consiste en un tubo emisor de rayos X que gira alrededor del paciente y unos detectores que recogen la radiación que atraviesa al paciente. Los datos se recogen de forma continua y se obtiene directamente una imagen

digital multiplanar: axial (transversal), coronal (anteroposterior) y sagital (lateral). Éstos TC proporcionan la ventaja de la rapidez en los estudios (10-20 segundos por estudio) y realización de reconstrucciones (2-D y 3-D) de gran calidad. Además, las mediciones obtenidas con la TC actual se pueden considerar exactas (sin magnificaciones) pero de cara a valorar disimetrías y angulaciones de las extremidades inferiores, la TC presenta el inconveniente de que se realiza en decúbito y no en bipedestación.

1.3.5 Resonancia Magnética.

No es una técnica rutinaria en el estudio de las deformidades angulares. Se considera de elección para la valoración de posibles problemas de las partes blandas articulares (ligamentos, cartílago articular, etc.) y, trastornos del cartílago de crecimiento, sobre todo los puentes óseos fisarios.

Una gran ventaja ya conocida de la RM es la ausencia de radiaciones ionizantes. Por otro lado la RM tiene algún inconveniente como la duración de la prueba que puede obligar a anestesiarse a los niños más pequeños. Finalmente, dependiendo de las economías locales, la resonancia magnética puede ser poco disponible y accesible por su mayor coste económico.

1.3.6 Artrografía Intraoperatoria.

En ocasiones, debido que en los pacientes inmaduros suele haber partes de las epífisis todavía sin osificar, la radiología convencional puede llevarnos a error en las medidas. Esto ocurre principalmente en la deformidad angular del codo y en la enfermedad de Blount infantil donde la parte medial no osificada de la epífisis proximal tibial puede hacer que, en las radiografías, la deformidad en varo parezca mayor que la que es en realidad.

1.4 ANÁLISIS MECÁNICO.

Es uno de los pasos cruciales en el estudio y valoración de las deformidades angulares y, de que esté correctamente realizado, depende en gran medida el éxito o fracaso del tratamiento.

Aunque hay muchos más parámetros que podemos medir y determinar los más importantes se mencionan a continuación

1.4.1 Eje Mecánico de la Extremidad Inferior (EM).

En el plano Antero-Posterior (AP) es la línea que une el centro de la cadera (epífisis femoral proximal) con el centro del tobillo (cúpula astragalina).

En una extremidad inferior normal este eje debe pasar por el centro de la rodilla. En caso de no ser así, se mide la Desviación del EM que es la distancia horizontal (en cm) desde el centro de la rodilla a la intersección con el EM (puede ser lateral o medial).

1.4.2 Ángulo epífiso-diafisario (AED).

Es el ángulo formado entre la línea articular de un hueso (proximal o distal) y el eje diafisario correspondiente. En el fémur proximal, por su peculiar anatomía, se utiliza el ángulo cérvico-diafisario (ACD) que es el formado entre los ejes del cuello y de la diáfisis femoral.

Los valores normales de estos ángulos están en los siguientes rangos:

	Proximal	Distal
○ Fémur	115-135°(ACD)	80-88°(valgo)
○ Tibia (AP)	90°	90
○ Tibia (L)	85° (procurvatum)	80° (recurvatum)

Tabla 1. Valores normales de ángulos

1.4.3 Angulo de Orientación de la Interlínea Articular.

Es el ángulo formado entre la interlínea articular y la horizontal, con el paciente en bipedestación.

En condiciones normales, las interlíneas de rodilla y tobillo deben ser, en el plano AP, paralelas a la horizontal por lo que este ángulo debe aproximarse a 0° en ambas articulaciones. En el plano lateral la rodilla, la tibia proximal presenta una inclinación posterior de 5° mientras que, en el tobillo, la tibia distal presenta una inclinación posterior de unos 10° aproximadamente.

1.4.4 Eje Anatómico de un segmento óseo (EA).

Es la línea que transcurre por el centro de la diáfisis de un segmento dado. En una extremidad inferior normal, estos ejes son rectos en la tibia en ambos planos y en el fémur en el plano AP. El EA femoral en el plano L es discretamente curvo con la convexidad anterior.

1.4.5 Longitud Comparativa de las extremidades inferiores.

Es la diferencia de longitud, si es que existe, entre las dos extremidades inferiores del paciente.

1.4.6 Rotación de las extremidades superiores.

Debe medirse siempre comparativamente por las notables modificaciones que se dan, incluso entre individuos de la misma edad. La prueba más adecuada para medir la rotación de los huesos de las extremidades inferiores es la TC. Usando una aplicación informática podemos medir comparativamente los ángulos de rotación femoral, tibial y global (cuello femoral-pilón tibial) de ambas extremidades. Los ángulos que consideramos dentro de la normalidad y que son variables en los niños en función sobre todo de la edad y el sexo son, en el primer año de vida de unos 40° de anteversión femoral y casi neutro de rotación tibial

mientras que en la madurez, es normal que haya 10- 15° de anteversión femoral y alrededor de 15-20° de rotación externa tibial. De esto se deduce que la evolución normal con el crecimiento del individuo, es hacia la rotación externa del miembro, es decir, la anteversión femoral tiende a decrecer y la rotación externa tibial, a incrementarse.

1.4.7 Traslación.

Sobre todo en consolidaciones viciosas tras fracturas puede quedar una deformidad no solo angular (con o sin componente rotacional asociado) sino también con una traslación de los extremos fracturarios pueden generar confusión y complicaciones a la hora de determinar el ápex o vértice real de la deformidad.

1.4.8 Componente articular de la DA.

En casos de inestabilidades o laxitudes ligamentosas significativas, sobre todo en rodilla, parte de la deformidad global de la extremidad puede deberse a la angulación a nivel de la propia articulación (“bostezo”) que podemos medir en las radiografías ortostáticas de las extremidades inferiores.

1.5 Ápex de la Deformidad Angular.

1.5.1 Definición.

El Ápex (o vértice) de una DA es el punto de intersección de los ejes anatómicos proximal y distal de un determinado segmento óseo.

Una deformidad en un segmento óseo puede tener un ápex o vértice (deformidad monoapical) o varios (multiapical), pudiendo llegar teóricamente a un número infinito de ápex en las deformidades arciformes.

1.5.2 Determinación del (los) ápex de una DA.

Definir este punto en ambos planos y definirlo correctamente es de crucial importancia en el tratamiento de las deformidades angulares porque es, a ese nivel, donde idealmente debe hacerse su corrección.

Los pasos serían los siguientes:

1. Trazar las líneas articulares proximal y distal del hueso en cuestión (en el fémur proximal, trazar el eje del cuello).
2. Trazar las líneas diafisarias según los valores normales de los AED o del ACD en fémur proximal. Si las líneas diafisarias se cruzan en un solo punto dentro del hueso, este corresponderá al ápex, y la deformidad será por tanto monoapical (un ápex).

3. Si las líneas diafisarias no interseccionan dentro del hueso deberemos tratar de encontrar un segmento diafisario intermedio y trazar su eje anatómico (que debe ser recto excepto en el fémur Lateral). En caso de deformidad biapical esa línea interseccionará, dentro del hueso, con las líneas diafisarias próxima y distal en dos puntos que corresponderán a los dos ápex de la deformidad.

4. En caso de múltiples angulaciones (tres o más), en vez de un segmento intermedio habrá varios y sus ejes anatómicos de cruzarán en tantos puntos como ápex tenga la deformidad. Este es un caso realmente raro en la práctica clínica.

5. Finalmente, y esto no es tan excepcional, la deformidad puede ser curvilínea (también llamada arciforme o circular). En estas deformidades el número de ápex es, por definición, infinito y, por tanto, su determinación clínica prácticamente imposible. Con fines prácticos, lo recomendable en una deformidad curvilínea es realizar los dos primeros pasos y tratar de encontrar una línea recta que cruce dentro del hueso con las líneas proximal y distal y que, en lo posible transcurra en toda su longitud dentro de la diáfisis. De esta manera convertiríamos una deformidad multiapical en una solo biapical lo que, con vistas al tratamiento quirúrgico, es de gran importancia.

Sobre todo en las deformaciones angulares con un solo ápex, puede darse la circunstancia de que tengan traslación asociada donde el ápex “aparente” no debe confundirnos con el ápex real.

Para completar el análisis mecánico de la deformidad, una vez determinado el o los ápex de la misma debemos determinar y consignar los siguientes parámetros:

- Plano y dirección de la angulación: Varo o Valgo en plano AP y procurvatum (antecurvatum) o recurvatum en el plano L.
- Grados de angulación a nivel de cada ápex, lo que nos da una idea exacta de la severidad de la deformidad.

Estos pasos, así como la planificación del tratamiento, se han realizado siempre y se siguen realizando de una manera manual (dibujando las líneas y midiendo los ángulos sobre un calco de la radiografía) pero actualmente se van desarrollando aplicaciones informáticas que hacen la misma tarea pero de una manera mucho más eficiente y exacta.

1.6 Manejo de las DA.

1.6.1 Primeras Cuestiones en la Toma de Decisiones.

Una vez realizada la valoración de una determinada deformidad angular hay que tomar decisiones respecto a su tratamiento.

Ante una DA ya valorada, las primeras preguntas que nos debemos hacer son:

- ¿Necesita tratamiento?

- ¿Necesita tratamiento quirúrgico o de otro tipo?
- ¿Cuándo se debe intervenir?

1.7 Planificación mecánica.

Una vez realizado el análisis mecánico de la deformidad angular y si se indicado corregirla, se debe proceder a la planificación mecánica de la corrección, con lo que deberán quedar establecidos el nivel, magnitud y plano o planos donde se realizará la corrección angular.

1.7.1 Corrección de las DA.

Idealmente, toda Deformidad Angular debe corregirse en:

- el hueso donde asienta,
- a nivel del ápex y
- en el(los) plano(s) de la misma

hasta que los parámetros fundamentales del análisis mecánico se hayan normalizado.

1.7.1.1 Material gráfico útil para la planificación mecánica.

Esta tarea tradicionalmente se ha realizado manualmente y para ello, junto con un estudio radiológico completo y de calidad, son necesarios:

- Papel o plástico que permitan calcar la silueta del(los) hueso(s)
- Marcadores si es posible de diferentes colores
- Goniómetro/Regla
- Cordón y/o cinta métrica
- Instrumento de corte (tijera, “cúter”...)
- Cinta adhesiva

Con estos sencillos medios se puede llegar a analizar y simular manualmente el tratamiento corrector de prácticamente todas las DDAA que se puede llegar a encontrar en una práctica clínica.

No obstante, la informática ha puesto al alcance de las manos aplicaciones que han hecho más sencillo, en la mayoría de los casos, y exacto este trabajo. Se pueden utilizar herramientas como las que se muestran a continuación.

- Ordenador convencional o con pantalla táctil (Tablet PC).
- Tableta Gráfica de tamaño A5 o A4
- Goniómetro Virtual
- Power Point® u otras aplicaciones como Photoshop® o Traumacad®

Con estos simples requerimientos se puede

- Dibujar ejes
- Medir ángulos (Goniómetro Virtual) y longitudes

- Siluetear los huesos (Tableta Gráfica o Tablet PC)
- Simular correcciones (osteotomías)

Los pasos con este tipo de trabajo informático son muy sencillos. En primer lugar se realiza el análisis mecánico dibujando los ejes del hueso deformado y calculando el o los ápex. El siguiente paso es mediante goniómetro virtual, obtener los grados de deformidad. Seguidamente se siluetean los fragmentos óseos que quedan tras la osteotomía, y se agrupan cada uno con su eje anatómico. A partir de ese momento, solo queda manipular (girar y/o trasladar) los fragmentos hasta que los ejes queden completamente alineados. Si hemos hecho esto correctamente, obtendremos, entonces, una simulación de cómo quedaría el hueso de corregido haciendo las osteotomías a los niveles y en la magnitud determinados por nuestros cálculos.

1.7.2. Escenarios de Corrección Angular.

Dependiendo de la complejidad de la deformidad podemos encontrarnos con diferentes situaciones.

1.7.2.1 DEFORMIDAD ANGULAR SIMPLE.

En las DDAA que no tienen otro componente (rotacional, traslacional), bastará con corregir la deformidad a nivel del ápex de la misma y en el plano en que esté producida (varo-valgo o procurvatum-recurvatum) hasta que los ejes anatómicos de los segmentos proximal y distal coincidan

Obviamente, la magnitud de la corrección tiene que ser igual al ángulo de deformidad o desviación formado entre los ejes anatómicos en el ápex. Si en el mismo hueso hay más deformidades, la corrección se realizará a tantos niveles como ápex haya. En cada ápex haremos lo mencionado arriba de manera que después de la corrección, todos los ejes anatómicos de los diferentes segmentos coincidirán, convirtiéndose en uno solo: el eje anatómico del hueso en cuestión.

1.7.2.2 Deformidad angular con traslación.

Sobre todo en fracturas, y también tras osteotomías, se puede producir una consolidación viciosa consistente en angulación y traslación de los fragmentos lo que hace que el ápex, en vez de situarse en el lugar de la fractura u osteotomía (ápex aparente), se ubica proximal o distalmente a las mismas (ápex real). En estos casos podemos planificar la corrección de dos maneras:

- Corregir a nivel del ápex real hasta que los ejes anatómicos coincidan como si fuera una DA simple (ver más arriba). Esto corregiría los ejes pero la forma externa del hueso quedaría alterada en mayor o menor medida dependiendo de la traslación previa.
- Corregir primero la traslación, lo cual haría que los ápex real y aparente coincidieran (así se convierte en una DA simple) y posteriormente corregir la angulación hasta que los ejes anatómicos coincidan. Esta es la opción ideal porque la corrección se produce sin dejar deformación externa del hueso en cuestión.

1.7.2.3 Deformidad angular con rotación.

En estas deformidades, que siempre se suele corregir con osteotomías, es muy difícil aislar ambos componentes y hacer una planificación a priori de la magnitud de la corrección angular. Por ello, lo más habitual es, dentro de la operación, después de la osteotomía, corregir primero la rotación y seguidamente corregir la angulación resultante (que puede ser diferente de la medida preoperatoriamente).

1.7.2.4 Deformidad angular con disimetría.

La disimetría debe tenerse muy en cuenta cuando analizamos y planificamos una DA porque, entre otras cosas, puede ser compensada en el mismo tratamiento en que corregimos la DA. Según sea la disimetría, podemos encontrarnos

- Disimetrías leves-moderadas (menos de 3-4 cm): En estos casos puede bastar con la osteotomía correctora para conseguir total o casi totalmente la disimetría. Como veremos más adelante, si el hueso deforme es el corto (lo más habitual) tenderemos a realizar osteotomías de apertura mientras que si es el largo la osteotomía más adecuada será de cierre (o de resección).
- Disimetrías importantes (más de 4 cm): En estas situaciones no bastará generalmente con la mera corrección angular por lo que tendremos que planificar el uso de técnicas de distracción ósea para corregir la disimetría. Se consigue en la gran mayoría de los casos con aparatos de fijación/distracción externa.

1.7.3 Otros datos a tener en cuenta.

- Deformidades adyacentes compensadoras. Hay importantes deformidades en un hueso de una extremidad que están compensadas con una deformidad en sentido contrario del hueso vecino. Nuestra planificación en estos casos debe considerar la corrección de ambas deformidades, no solo la principal.
- Laxitud articular. Sobre todo en la rodilla deben ser tenidas en cuenta en la planificación, si bien muchos de estos “bostezos” articulares están generados por la propia deformidad ósea y mejoran notablemente con la corrección de ésta.
- Cartílago epifisario. La deformidad debe ser medida y su corrección planificada, teniendo en cuenta el componente cartilaginoso de la epífisis.
- Rigideces articulares. Esto es algo crucial en la planificación de las deformidades. De poco sirve corregir una DA en un hueso si, por una rigidez articular vecina, el miembro va a quedar en un postura viciosa. La recomendación a este respecto es: antes de corregir una DA ósea, se debe explorar a fondo todas las articulaciones de esa extremidad

para descartar rigideces que vayan a comprometer el resultado de la corrección y, en el caso que las haya, incluir su tratamiento en la planificación global del tratamiento.

1.8 Osteotomías.

Es una operación en la que se practican cortes en un hueso, de forma que el cirujano puede efectuar cambios en su posición. Puede practicarse una osteotomía para alargar o acortar una pierna, o para corregir curvaturas o angulaciones de las piernas.

Las osteotomías, en general, constituyen el método más difundido de corrección de las deformidades angulares. Suelen hacerse aisladamente pero también pueden ir asociadas a otros tratamientos correctores o complementarlos ulteriormente en caso de que aquellos no hubieran sido suficientes.

1.8.1 Osteotomía de corrección Aguda vs. Progresiva.

Cuando indicamos una osteotomía, una de las primeras preguntas que debemos hacer es si la corrección con dicha osteotomía debe ser aguda (inmediata), o progresiva (gradual).

Hay varios factores que nos ayudan a decidir, entre los que destacan:

- Severidad. A mayor severidad, mayor dificultad y riesgo neurovascular por lo tanto mayor necesidad de corrección progresiva.
- Localización y plano de la deformidad. La tibia y sobre todo su porción proximal, son un hueso y una localización donde la corrección aguda suele ser arriesga, y más si la desviación es en valgo, por el riesgo de parálisis de nervio ciático poplíteo externo. En estos casos de tibia valga es más segura la corrección progresiva.

Por definición, en las osteotomías llamadas de corrección aguda ésta se realiza dentro de la operación mientras que en las de corrección progresiva ésta se hace en el postoperatorio. Las correcciones progresivas no se realizan más que con fijación externa, las agudas pueden fijarse con múltiples métodos de fijación interna y externa.

1.8.2 Tipos de osteotomías de corrección aguda.

Aunque existen otros tipos de osteotomía correctora aguda, que mencionaremos, nos detendremos más en las osteotomías más habituales: las de cierre (también llamadas de resección o sustracción) y las de apertura (también denominada de adición). Además del tipo de corrección (aguda), estas osteotomías se parecen en el trazo, simple y lo más transversal posible al hueso deformado. Pero, sobre todo, estos tipos de osteotomía tienen disimilitudes que, en buena medida, van a definir sus indicaciones. En el siguiente cuadro vemos las principales.

Osteotomía Aguda	Apertura	Cierre
Longitud	Acorta/Igual	Alarga
Riesgo vasculo-nervioso	menor	mayor
Dificultad de corrección	menor	mayor
Estabilidad intrínseca	mayor	menor
Consolidación	mejor	peor
Invasividad	mayor	menor

Tabla 2. Tipos de osteotomías agudas.

De esto se deduce que, si incrementar la longitud del hueso deformado es una prioridad, serán las de cierre las más indicadas.

2. Antecedentes y Objetivos.

Los sistemas de planificación de este tipo de operaciones se han realizado hasta hace muy poco tiempo de manera manual. Al realizarse de esta forma, la probabilidad de cometer errores es muy elevada debido a su complejidad y a que el mínimo error puede tener consecuencias muy graves ya que se trata de personas.

En los últimos años, el avance tecnológico ha facilitado la aparición de alguna herramienta que ha permitido disminuir en gran medida la posibilidad de cometer errores a la hora de planificar este tipo de operaciones. Una gran ventaja que introducen estas nuevas herramientas, es el ahorro en el tiempo lo cual es muy importante para un especialista.

El mayor inconveniente de estos procedimientos es la falta de costumbre y la reticencia de algunos especialistas que necesitan que sean muy sencillas de manejar porque no están acostumbrados a las nuevas tecnologías.

El objetivo de este proyecto es el diseño e implementación de una interfaz gráfica en la planificación de osteotomías. Se ha de decidir elaborar la aplicación en el entorno MatLab, el cual nos permite crear un ejecutable del software, de forma que el usuario final no requiera licencia de MatLab ni su instalación.

3. Desarrollo del proyecto.

Desde un primer momento se marcaron todos los objetivos a los cuáles debía llegar la interfaz gráfica a desarrollar, de manera que consiguiese realizar en la medida de lo posible, una correcta y completa planificación mecánica de una osteotomía

La interfaz gráfica debe tener una estructura sencilla y una visualización agradable a la par que fácil de manejar. Esto es muy importante teniendo en cuenta a los usuarios a los que va destinado, que son médicos especialistas que

no tienen porqué tener conocimientos informáticos ni estar acostumbrados al uso de las nuevas tecnologías.

La aplicación tiene la obligación de poder dibujar líneas, calcular ángulos y medir distancias sobre una imagen que el usuario pueda abrir. Éste es el primer paso de una planificación manual destinada a una operación de estas dimensiones por lo que esto es indispensable.

Lo más importante a la hora de planificar una osteotomía es poder realizar pruebas de cortes, giros o desplazamientos que anteriormente se hacían en papel. El programa debe ser capaz de poder siluetear una imagen y poder extraer el contorno de partes de la misma para posteriormente realizar operaciones sobre ellas. Debido a la complejidad y a la exactitud requerida, el especialista es el que debe elegir los puntos que se deseen para siluetear de manera que se descarta cualquier procesado que realice esta operación de forma automática.

Las grandes ventajas que debe introducir el programa es la posibilidad de girar, mover o trasladar un contorno ya seleccionado por el especialista. De esta forma se puede comprobar que es mucho más rápido realizar estas operaciones computacionalmente que a mano.

Por último, también se deben añadir cualquier otra herramienta que pueda facilitar o mejorar la aplicación como puede ser incluir un zoom o una herramienta de texto.

3.1 Planteamiento del proyecto.

A la hora de abordar el proyecto se dividió en varias fases.

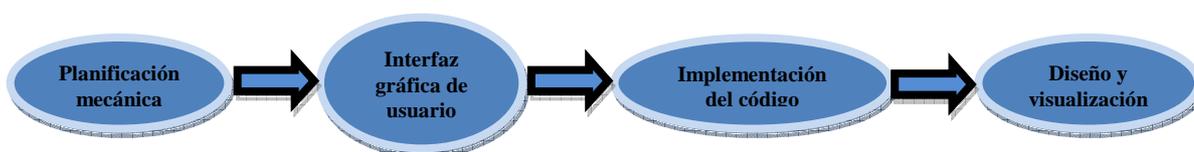


Figura 1. Fases del proyecto.

3.2 Conocimientos sobre planificación mecánica.

El primer paso que se debía realizar consistía en la familiarización con el procedimiento manual de una planificación de estas características por lo que se realizó una reunión con un especialista en este campo para ayudar en lo posible a comprender todos los conceptos médicos requeridos así como entender los objetivos claros de la planificación.

3.3 Interfaz gráfica de usuario en MatLab.

GUIDE es un entorno de programación visual disponible en MATLAB para realizar y ejecutar programas que necesiten ingreso continuo de datos. Tiene las características básicas de todos los programas visuales como Visual Basic o Visual C++.

La forma de implementar las GUI en MatLab es crear los objetos y definir las acciones que cada uno de ellos va a desempeñar. Al usar una GUI obtendremos dos archivos:

- Un archivo FIG. Contiene la descripción de los componentes que contiene la interfaz.
- Un archivo M. Contiene las funciones, los controles y los callback.

Un callback se define como la acción que llevará a cabo un objeto de la GUI cuando el usuario lo active.

Una vez que los controles están colocados en la guide, se editan las funciones de llamada (Callback) de cada uno de ellos, escribiendo el código de MATLAB que se ejecutará cuando el control sea utilizado. Entre sus componentes está el editor de propiedades (property editor) que se encuentra disponible en cualquier momento que se esté trabajando con los controles de MATLAB. El editor de propiedades por separado se puede concebir como una herramienta de trazado, y asistente de codificación (revisión de nombres y valores de propiedades). Cuando se fusiona con el panel de control, el editor de menú, y herramienta de alineación, resulta una combinación que proporciona un buen control de los gráficos en MATLAB.

A la herramienta guide se puede acceder escribiendo la instrucción `guide` en MatLab o situarse en el menú principal y pulsar a `File → New → GUI`

Las Componentes principales de GUIDE son:

Barra de Menús: Aquí se encuentran las funciones elementales de Edición de GUI's.

Paleta de Componentes (Component Palette): Aquí se encuentras los uicontrols. Estos componentes permiten seleccionar los controles (objetos).

La Barra de Herramienta: En ella se encuentran los siguientes botones

- **Botón de ejecución (Run button):** Al presionarse se crea la figura de la interfaz diseñada en el Layout Area.
- **Alineación de Componentes (Alignment tool):** esta opción permite alinear los componentes que se encuentra en el área de trabajo (Layout Área) de manera personalizada.

- **Propiedades del Inspector (Property Inspector):** con esta opción se asignan y modifican las propiedades de cada objeto en forma personalizada.
- **Navegador de Objetos (Object Browser):** Muestra todos los objetos que se encuentran en la figura (en forma de árbol) y a través de Object Browser se puede seleccionar los objetos.
- **Editor de Menús (Menú Editor):** El redactor de Menú crea menús de ventana y menús de contexto.

La Interfaz de Grafica de Usuario (GUI) se crea en una ventana de figura que consta de los siguientes componentes:

1. Menú de interfaz con el usuario.
2. Dispositivo de control de interfaz con el usuario.
3. Ejes para exhibir graficas o imágenes.

En la figura 2 se muestra el concepto básico de la operación del software con una GUI. Cuando se interactúa con un control, el programa registra el valor de esa opción y ejecuta los comandos prescritos en la cadena de invocación. Los menús de interfaz con el usuario, los botones, los menús desplegables, los controladores deslizantes y el texto editable son dispositivos que controlan las operaciones del software. Al completarse la ejecución de las instrucciones de la cadena de invocación, el control vuelve a la interfaz para que puedan elegirse otra opción del menú. Este ciclo se repite hasta que se cierra la GUI.

Los controles de la interfaz de GUIDE son: Popup Menu, Push Button, Radio Button, Checkbox, Slider, Edit Text, Static Text, Frame, Toggle Button y ListBox. Mediante estos controles se pueden realizar cualquier aplicación que se desee realizar en una interfaz gráfica de usuario.

Una vez conocido todo lo necesario con una interfaz gráfica se procede a la implementación de la misma.

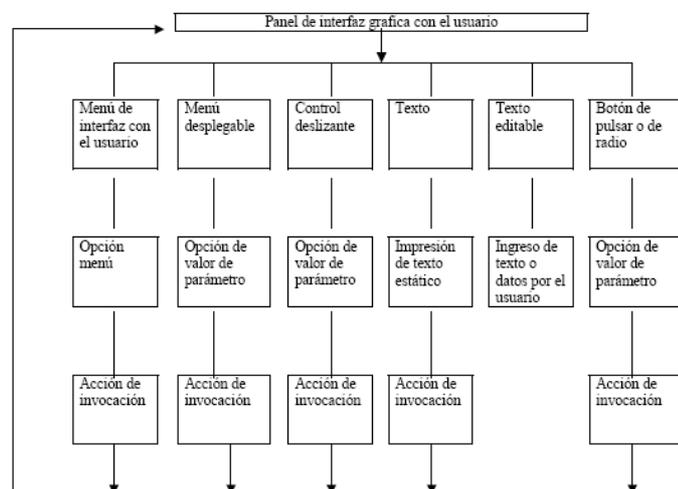


Figura 2. Panel de interfaz gráfica en Matlab.

3.4 Estructura del programa.

A la hora de diseñar el programa se ha tenido en cuenta el deseo de mostrar una imagen en la interfaz, de forma que aparezca en dos lugares de la aplicación para poder así comprobar mejor los resultados obtenidos. Para conseguir este efecto se ha decidido dividir el programa en varias partes. El panel superior del programa contendrá las herramientas comunes tales como línea, ángulo o distancia y estará diferenciado con un color como se aprecia en la figura 3.

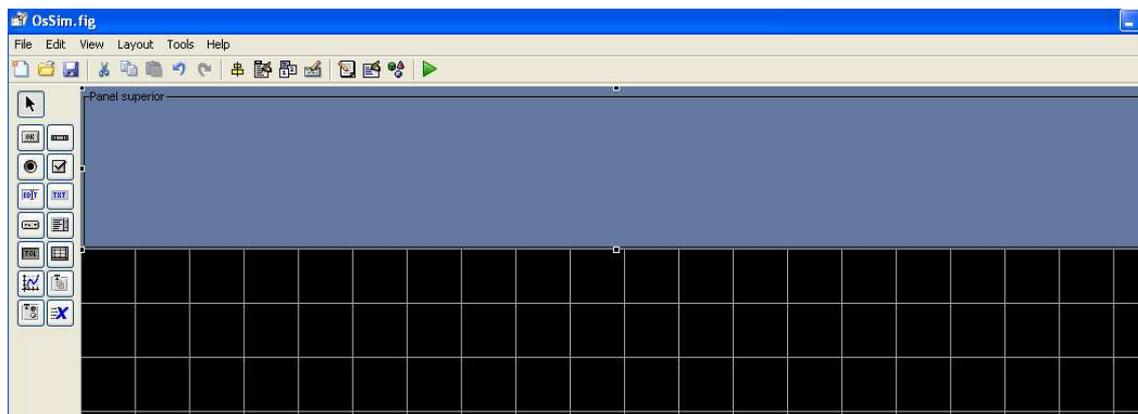


Figura 3. Panel superior.

El siguiente paso es crear un panel donde se va a colocar la imagen. Se ha decidido crear dos huecos para ver la imagen duplicada para realizar diferentes operaciones en cada recuadro. La parte izquierda contendrá la imagen original donde se va a realizar el contorno mientras que el panel de la derecha contendrá la imagen donde se van a extraer los contornos y aplicar diversas operaciones.

En la parte de la izquierda se le ha aplicado un fondo de pantalla de un color que quede bien con el del panel superior. Se ha decidido llamar a esta parte del programa panel izquierdo. El resultado se aprecia a continuación.

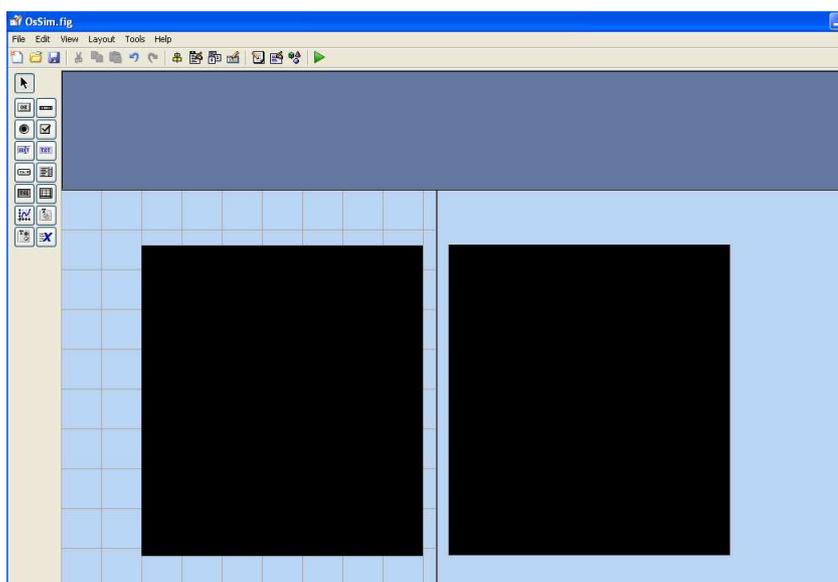


Figura 4. Panel izquierdo.

Ahora, para diferenciar las dos partes se crea el panel de la derecha del mismo color pero con borde para diferenciarlo de la parte de la izquierda.

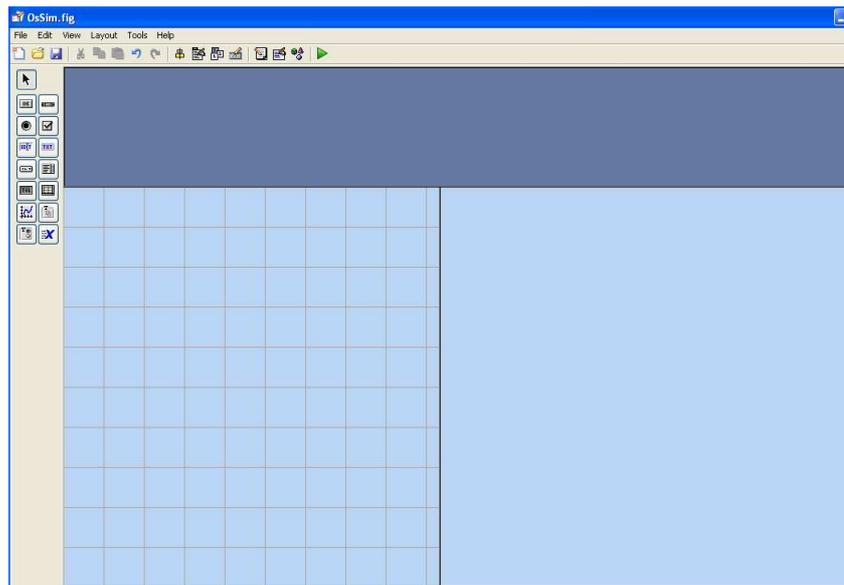


Figura 5. Panel derecho.

Una vez realizada la estructura principal el siguiente paso es ubicar la imagen y para ello se crean dos recuadros negros donde se van a colocar las imágenes. Como se trata de una planificación de osteotomías se recomienda que la imagen a incrustar en el programa sea de cualquier tipo de imagen médica, principalmente si se trata de una imagen de rayos X.

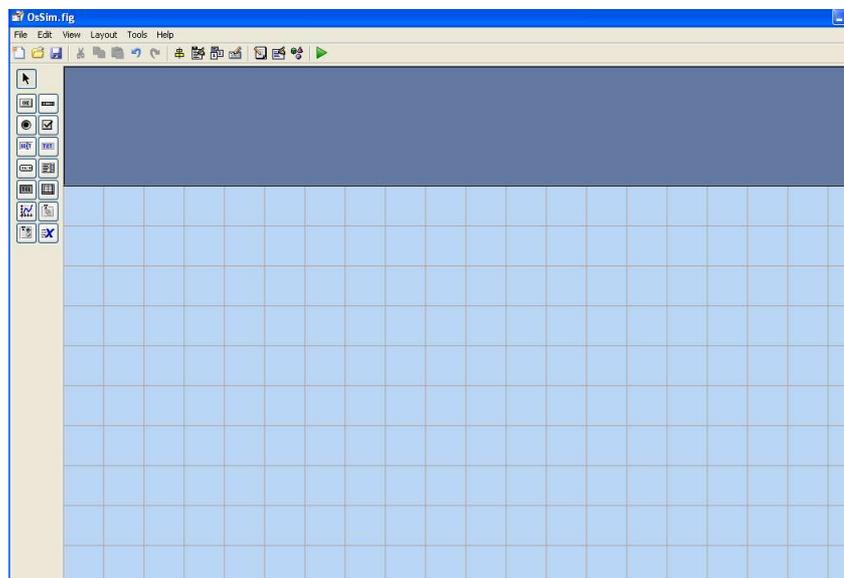


Figura 6. Estructura con axes.

Como se observa en la imagen se ha dejado mayor hueco en la parte de la derecha porque va a contener más botones que la parte izquierda.

Hay que colocar los objetos que más interesen en el programa para luego poderlos programar y conseguir el efecto deseado. Para ello hay que acudir a la paleta de la izquierda de la guide de Matlab e ir escogiendo los diferentes botones y opciones que nos presenta.



Como se puede apreciar en la figura 7, se pueden escoger diferentes opciones como pueden ser botones para ser pulsados, barras deslizadoras, editores de texto, ejes o recuadros donde pueden ir colocadas gráficas o imágenes,...

En nuestra interfaz gráfica los objetos que más vamos a utilizar son los botones ya que son los más fáciles de utilizar de cara al usuario. Cuando se pulse un botón ya programado se ejecutará la acción deseada.

Figura 7. Paleta de controles.

3.4.1 Panel superior.

En este panel se van a colocar todos los botones relacionados con las herramientas de medida como distancias, ángulos o creación de líneas. También se ha colocado una herramienta de texto y los botones de abrir y cerrar.

3.4.1.1 Listado de objetos.

- Abrir. Permitirá abrir una imagen para ser procesada en el programa.



Figura 8. Botón Abrir.

- Línea. Posibilitará la creación de una línea sobre la imagen. Además se podrá escoger el color de la línea, el tipo y su grosor.



Figura 9. Botón de Línea.

- Herramienta de línea. A diferencia del caso anterior, no se podrán modificar las propiedades de la línea, pero ésta es capaz de ser desplazada y cambiar de posición y tamaño a lo largo de la imagen de manera dinámica.

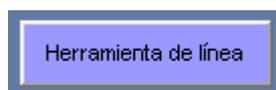


Figura 10. Herramienta de Línea.

- Texto. Será capaz de recoger lo que escriba un usuario en el recuadro blanco, y una vez pulsado el botón, aparecerá el texto en el lugar que indique el usuario.

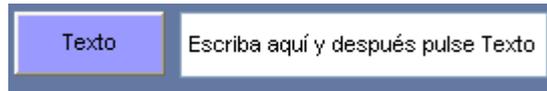


Figura 11. Botón de Texto.

- **Ángulo.** Dibujará un ángulo y las rectas que lo forman de manera que el usuario pulsando tres puntos, siendo el primero de ellos el vértice que aparecerá de un color diferente, aparezca dibujado en el lugar indicado.

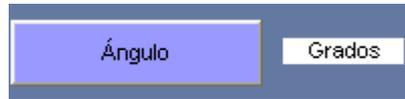


Figura 12. Botón de Ángulo.

- **Distancia.** Una vez que el usuario marque el punto inicial y final de la medida, aparecerán estos puntos marcados y el resultado se mostrará en el recuadro blanco.

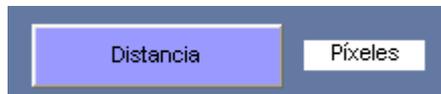


Figura 13. Botón de Distancia.

- **Herramienta de distancia.** A diferencia del caso anterior, muestra la línea que une los puntos incluyendo un recuadro blanco en mitad de la línea con la distancia entre los puntos.

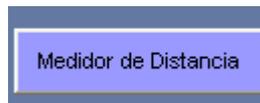


Figura 14. Botón de Medidor de Distancia.

- **Clear.** Devolverá a su estado inicial la imagen a tratar.



Figura 15. Botón de Clear.

3.4.1.2 Colocación de los objetos.

Los objetos tienen un tamaño proporcional y adecuado al conjunto del programa. Las distancias entre los objetos son las mismas en todos los casos para que sea compacto y tenga una estructura adecuada. El botón para abrir la imagen a tratar y el que realiza la operación de *clear* tendrán un tamaño mayor y un color diferente para que se aprecien más ya que tienen mayor importancia. Estos botones afectarán al resto de partes del programa, es decir, tanto a la parte izquierda del programa como al panel derecho. Tras varias pruebas y diversas configuraciones se decidió la que se muestra en la siguiente figura.

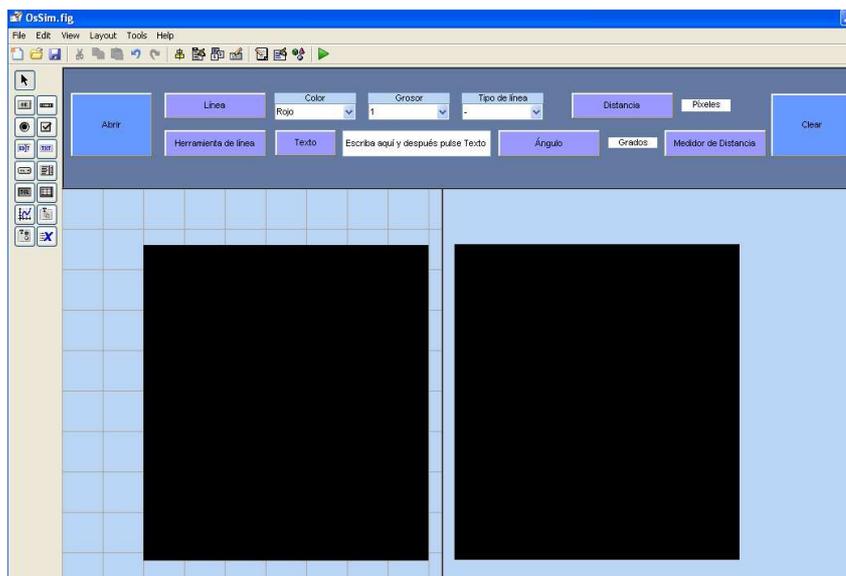


Figura 16. Objetos panel superior

3.4.2 Panel izquierdo.

Aunque en este caso no se puede hablar exactamente de que es un panel porque no lo tiene asociado, se ha decidido nombrarlo de esta forma para compararlo con los otros dos paneles del programa y así explicar mejor la estructura del programa. El objetivo de esta zona del programa es poder obtener el o los contornos de una imagen. Otro apartado importante es la posibilidad de poder dibujar puntos sobre una imagen por lo que también se ha incluido.

3.4.2.1 Listado de objetos.

- Contorno. Es el botón más importante de esta zona. Podrá realizarse tantas veces como sea requerida y podrá modificarse y moverse sobre la imagen tal como lo desee el usuario.



Figura 17. Botón de Contorno.

- Puntos. Otro apartado importante es la posibilidad de poder dibujar puntos sobre una imagen por lo que también se ha incluido. También tiene la capacidad de desplazarse a lo largo de la imagen



Figura 18 Botón de Puntos.

- Guardar. Este botón permitirá guardar la imagen de la izquierda del programa editada con los diferentes contornos y operaciones realizadas sobre la propia imagen.



Figura 19. Botón de Guardar.

3.4.2.2 Colocación de los objetos.

Como se ha podido observar en el apartado anterior los objetos disponen de un color diferente a los del panel superior y con esto se consigue dar mayor sensación de que tienen finalidad diferente lo cual interesa para que sea más intuitivo a la hora de manejar el programa.

El botón que realiza la operación de pintar contornos sobre la imagen y el que es capaz de pintar puntos se encuentran en la parte superior de la imagen para que sean los primeros que el usuario vea de esa parte. Por este motivo se ha decidido colocar el botón guardar en la parte inferior izquierda para que sea más intuitivo usarlo una vez realizadas las operaciones anteriores. El resultado se puede apreciar en la siguiente figura.

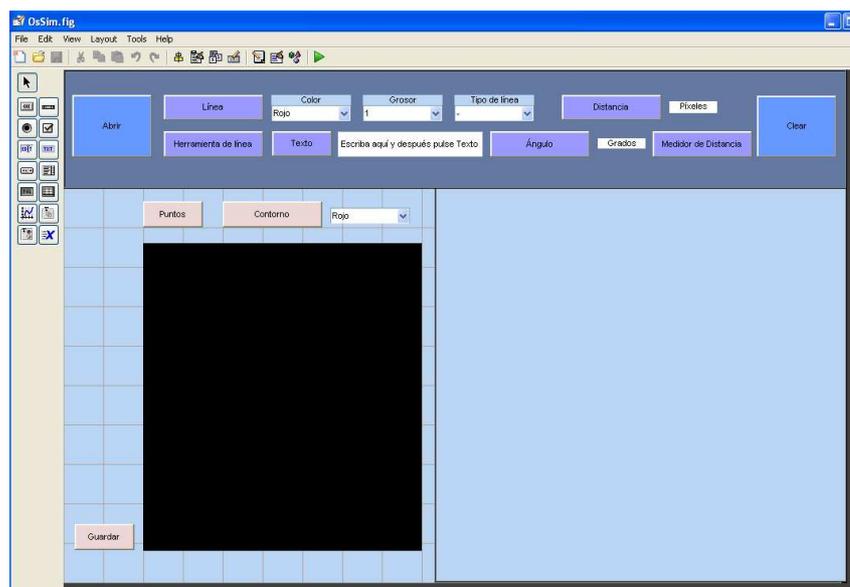


Figura 20. Objetos panel izquierdo.

3.4.3 Panel derecho.

Por último, solo falta estructurar el panel de la derecha donde se van a realizar el resto de operaciones necesarias en la planificación como son la extracción de contornos y el poder girar, rotar o trasladar el contorno deseado.

3.4.3.1 Listado de objetos.

- Extracción de contorno. Permite quedarnos solo con la parte que se ha silueteado de la imagen de la izquierda y trasladarla a la imagen del panel derecho. Es una de las operaciones más importantes y que más atención requiere.

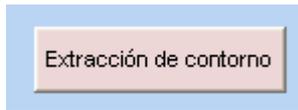


Figura 21. Botón de Extracción de Contorno.

- Puntos. Tiene el mismo objetivo que en la parte de la izquierda solo que esta vez solo se puede pintar puntos en la imagen de la derecha.



Figura 22. Botón de Puntos.

- Girar. Tiene la propiedad de girar un objeto seleccionado. El usuario tiene que incluir el ángulo con el cuál desea girar el objeto. Al ser menos intuitivo que el resto de operaciones ya que el usuario tiene que incluir el ángulo con el cuál desea girar el objeto, se ha incluido una etiqueta con el nombre de la operación y se ha colocado el botón que hay que pulsar en la parte derecha. Se entenderá mejor esta explicación atendiendo a la figura que viene a continuación.

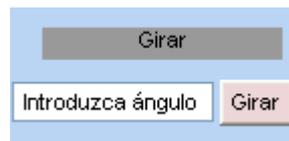


Figura 23. Botones de Girar.

- Mover. Puede mover un objeto indicando las distancias tanto en el eje horizontal como en el vertical. Tiene una estructura similar a la de girar solo que además incluye una leve explicación para recordar que el eje horizontal es el eje x mientras que el vertical es el eje y.

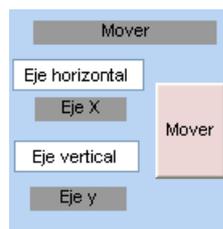


Figura 24. Botones de Mover.

- Trasladar. Es una operación similar. La diferencia es que el usuario una vez seleccionado el objeto podrá trasladarlo pulsando el punto en donde se va a colocar el centroide del objeto.

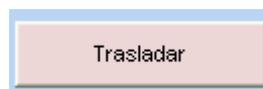


Figura 25. Botón de Trasladar.

- Colocar sobre la imagen. Sobrepondrá el resultado obtenido en todas las operaciones en la imagen original

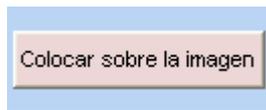


Figura 26. Botón de Colocar sobre la imagen.

- Guardar. Guarda la imagen de la derecha.



Figura 27. Botón de Guardar.

3.4.3.2 Colocación de los objetos.

Se ha decido mantener las características, (color, tamaño, forma,..), del panel izquierda del programa. La novedad se introduce en los botones girar y mover que se adecuan a lo comentado en el apartado anterior para que al usuario le sea intuitivo realizar las operaciones correctamente.

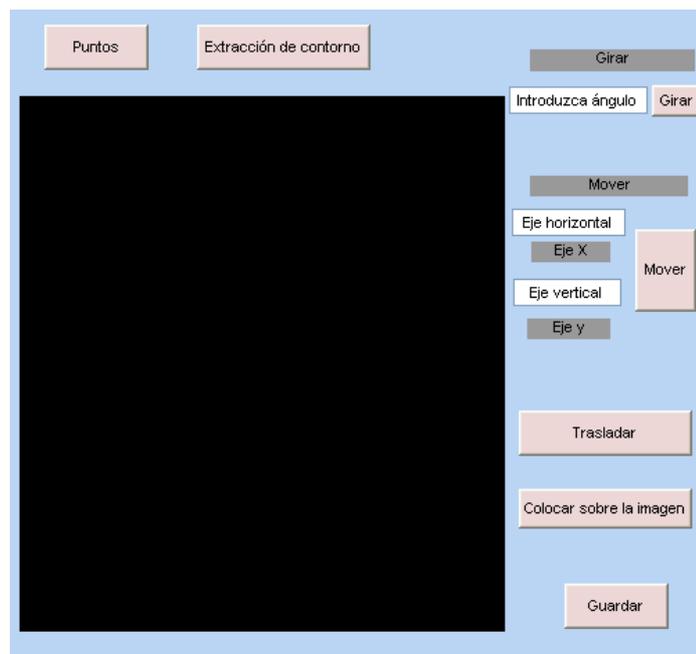


Figura 28. Objetos panel derecho..

3.4.4 Estructura final.

La estructura final del programa es la combinación de las tres partes que ya se han mencionado anteriormente. Como resultado obtenemos la siguiente estructura.

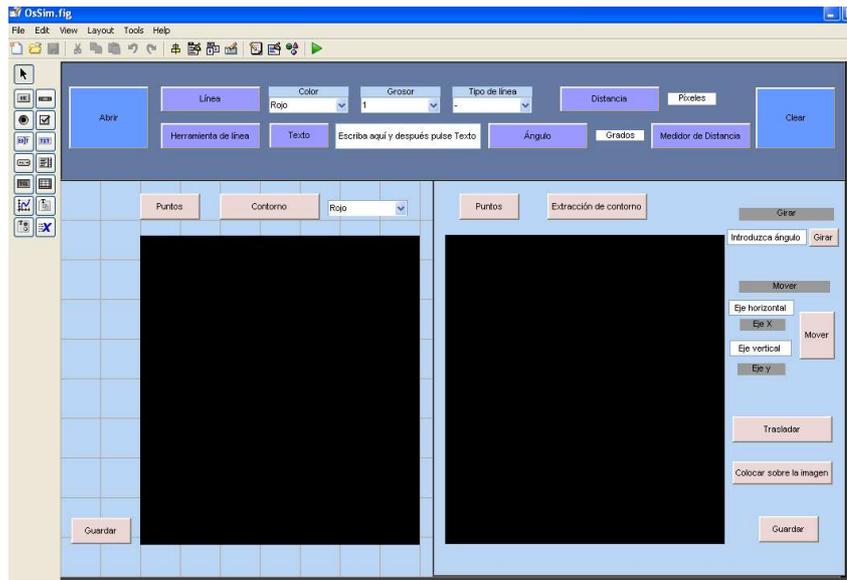


Figura 29. Estructura del proyecto.

3.5 Implementación del código.

A la hora de abordar la implementación del programa se fueron realizando las funciones de menor a mayor complejidad debido a que con el paso del tiempo se fueron afianzando los conocimientos tanto sobre planificaciones mecánicas como en interfaces gráficas. Se explicará brevemente cómo se ha implementado cada control de la interfaz gráfica y cómo se ha llegado a los objetivos en cada caso.

3.5.1 Botones del panel superior.

A continuación se listan todos los elementos que forman el panel superior para analizar su implementación-

3.5.1.1 Botón de Abrir.

Se decidió mostrar la misma imagen en dos recuadros diferentes para facilitar y entender mejor el proceso de la aplicación.

El botón “abrir” permite abrir cualquier imagen independientemente del directorio en que se encuentre para luego poder ser analizada en la planificación de osteotomías. Para ello utilizamos la función *uigetfile* de MatLab.

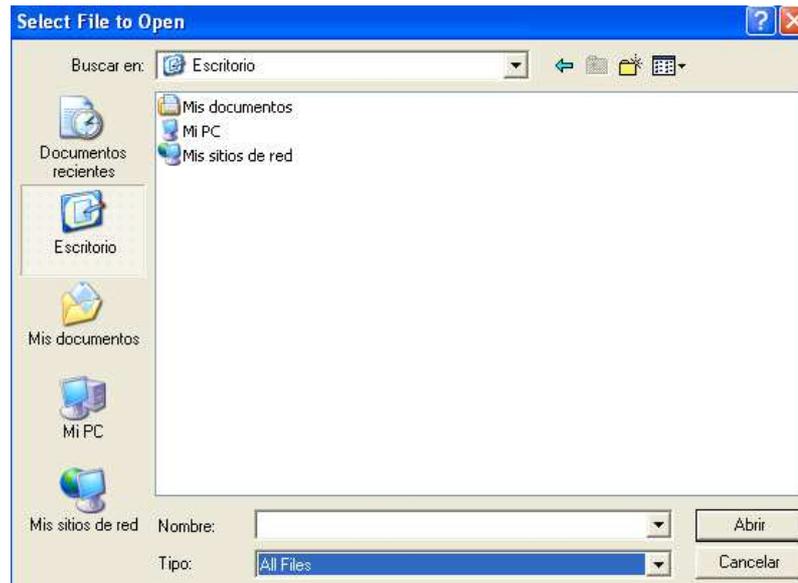


Figura 30. Abrir imagen.

3.5.1.2 Botón de Clear.

La estrategia que se ha realizado para conseguir hacer un clear sobre ambas imágenes a la vez y volver a la imagen original es mediante la instrucción *clear* de MatLab borramos lo que había anteriormente y colocamos de nuevo la imagen original en ambos recuadros.

3.5.1.3 Botón de Línea.

Esta fue la primera meta que se propuso para implementar la interfaz gráfica. La creación de líneas permite al usuario elegir su grosor, el tipo de línea, y su color.

Esto se consigue guardando las variables recogidas de los menús desplegables de color, tipo de línea y grosor y recibéndolos cuando se pulse el botón.

La implementación se consigue con la función de MatLab *line*. Un problema que se ocasiona al programar de esta manera, (guardar, mandar y recibir variables entre funciones), es que necesita crear un valor por defecto de estas variables por si el usuario pulsa el botón de línea antes de seleccionar sus diferentes propiedades.

3.5.1.4 Botón de Ángulo.

El siguiente paso fue implementar un botón que fuese capaz de medir ángulos. El usuario pulsa tres puntos sobre la imagen siendo el primero de ellos el punto de intersección entre las dos rectas que forman los otros dos puntos con ese punto, es decir, su vértice y muestre el resultado obtenido.

En este caso se realiza el siguiente intercambio de variables. Una vez pulsados los tres puntos, se pasa el valor del ángulo resultante al recuadro blanco situado

al lado del botón. A su vez al presionar el botón muestra el valor resultante de calcular el ángulo en la imagen junto a las dos rectas que lo forman.

Estos resultados se obtienen por procedimientos meramente matemáticos como son restas, multiplicaciones o tangentes.

3.5.1.5 Botón de Distancia.

Este botón permite conocer la distancia entre dos puntos. Cuando se pulsa el botón y se eligen los puntos sobre la imagen, devuelve el valor en el recuadro situado justo al lado del botón. Este botón se implementa mediante procedimientos matemáticos.

3.5.1.6 Herramienta de línea.

Este botón permite la aparición de una línea sobre la imagen con capacidad de modificar su tamaño y con capacidad de desplazarse sobre la imagen. Se consigue mediante la función *imline* de MatLab

3.5.1.7 Botón de Texto.

Mediante la creación de un botón de texto editable donde el usuario va a escribir lo que quiere mostrar sobre la imagen, traslada estas variables al botón de texto para que una vez pulsado elija la posición donde se desee mostrar. Esto se consigue gracias a la función *text* que proporciona MatLab. Se le adjudica un color de fondo a este recuadro para que sea fácil de reconocer sobre la imagen.

3.5.1.8 Medidor de distancia.

Esta herramienta permite medir la distancia entre dos puntos. Una vez pulsado el botón aparecerá la herramienta en la imagen en la que se esté trabajando. Está formado por una línea de color azul y contiene un recuadro blanco en el centro de la línea donde aparece la distancia entre los dos puntos de la línea. Tiene las mismas propiedades que la herramienta de línea por lo que se puede desplazar a lo largo de la imagen de manera dinámica así como desplazar sus extremos de para cambiar su longitud. Su función en Matlab es *imdist*. Este botón conlleva un problema que se detallará más adelante en el apartado Principales problemas (ver página 48).

3.5.2 Panel izquierdo del programa.

En este apartado se van a tratar todos los aspectos relacionados con la implementación de esta parte del programa.

3.5.2.1 Botón de Contorno.

El objetivo más importante del programa es poder siluetear las partes deseadas de la imagen y poderlas tratar por separado. Esto se ha conseguido mediante este botón. La implementación se basa en la función de Matlab *impoly* que permite crear polígonos en este caso, en la imagen de la izquierda con el color

que el usuario elige del menú desplegable que tiene a la derecha. En este caso también se ha creado un color por defecto. Este botón coge sólo el borde del contorno por lo que el botón de extracción de contorno tiene que ser capaz de rellenarlo. Tiene la ventaja de poder desplazarse a lo largo de la imagen y cambiar la posición de los vértices del polígono.

3.5.2.2 Botón de Guardar.

Se han programado dos botones diferentes para que cada uno de ellos guarde una de las dos imágenes. Esto se consigue mediante la función de MatLab *uiputfile* que permite elegir el nombre de la imagen a guardar y el lugar en que se desee ubicar.

Además se aplica por defecto el formato .jpg para guardar la imagen, al igual que se incluyen otros formatos como .jpeg, .png, .bmp, o.tif. El usuario puede guardar también en cualquier otro formato eligiendo la opción *All Files* y escribiendo la extensión del formato deseado.

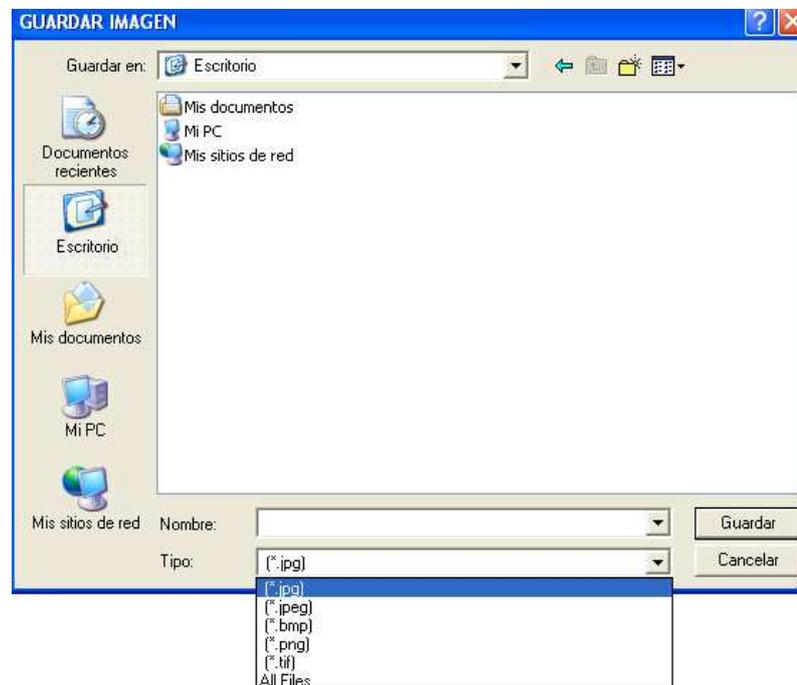


Figura 31. Guardar imagen.

Este botón ha sido uno de los más difíciles de programar. Esto se explicará más detalladamente en el apartado de Principales problemas (ver página 48).

3.5.2.3 Botón de Puntos.

Este botón crea puntos en la imagen con la capacidad de desplazarse gracias a la función de MatLab *impoint*.

3.5.3 Panel derecho.

En este apartado se va a abordar todo lo relacionado con la implementación de código de esta parte de la estructura del programa.

3.5.3.1 Botón de Extracción de Contorno.

Es una de las implementaciones más complicadas debido fundamentalmente a que las funciones de MatLab requeridas para este procedimiento solo se pueden aplicar a imágenes en blanco y negro por lo que hay que ir cambiando constantemente la imagen de color a blanco y negro y viceversa.

El primer paso es dividir la imagen en sus tres componentes (R, G, B). Son las componentes rojo, verde y azul con las que se puede obtener cualquier color que se desee mediante su combinación. Estas tres componentes por separado se convierten en imágenes binarias y se realiza un proceso en cada una de ellas para sólo queden los contornos obtenidos del botón *contorno*. Se realiza un relleno de regiones con la función *imfill* de MatLab ya que la función *contorno* devuelve sólo el borde de la silueta.

Una vez que tenemos las tres componentes con sólo las partes que interesan y ya rellenas, las unimos para formar la imagen de nuevo en color. Tras corregir algún problema que se comentará más adelante, se muestra el contorno en color en la imagen de la derecha.

Para explicar mejor esta implementación se añaden a continuación un ejemplo de cómo se realiza.

En este caso se han creado varios contornos de varios colores como se muestra en la siguiente figura.

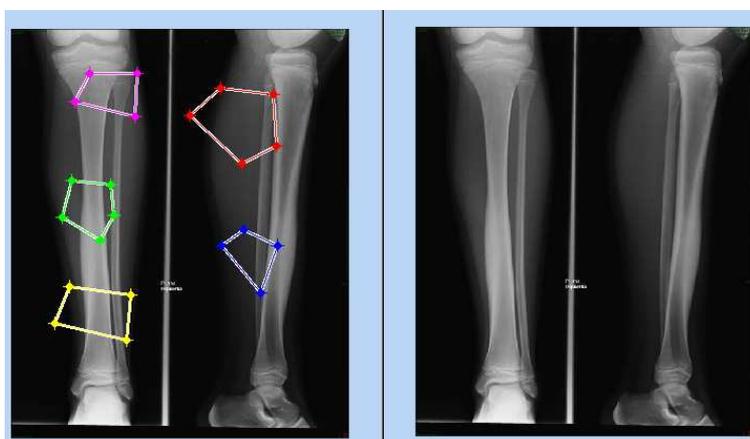


Figura 32. Creación de contornos.

El siguiente paso es obtener las componentes de color y rellenarlas por separado. El resultado obtenido se muestra a continuación y se puede observar cómo en la componente rojo aparecen los contorno rojo, amarillo (rojo +verde) y morado (rojo + azul); en la componente verde aparecen los contornos verde y amarillo y en la componente azul aparecen los contornos azul y morado.

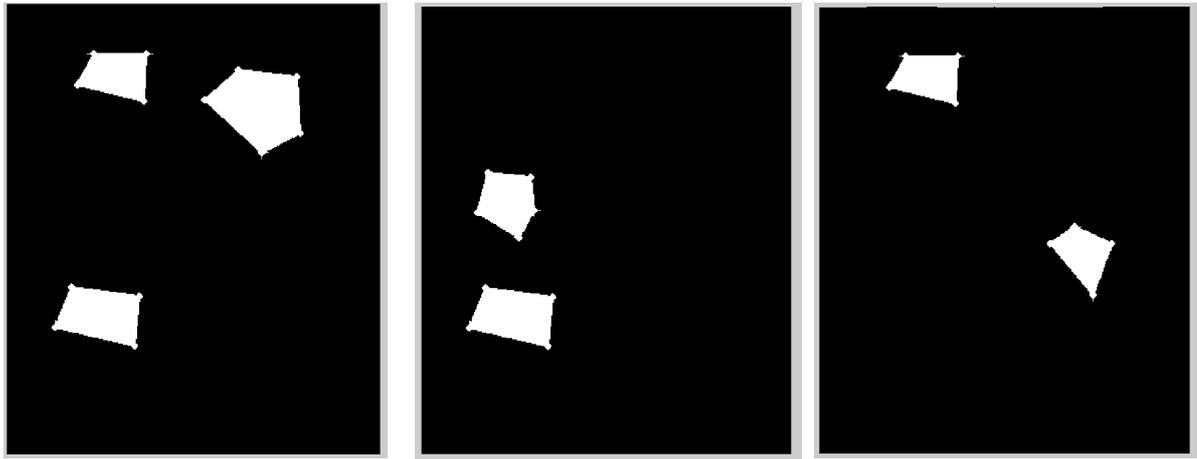


Figura 33. Componentes de la imagen.

Una vez realizada esta operación se procede a unir las componentes para obtener el color esperado.

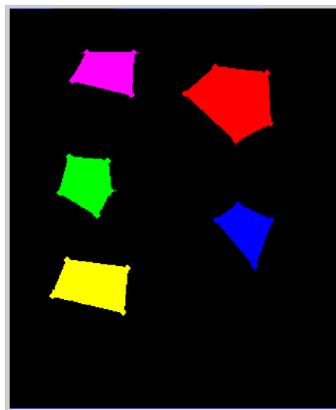


Figura 34. Contornos en color.

El proceso final se muestra en la interfaz gráfica como se muestra en la figura 35.

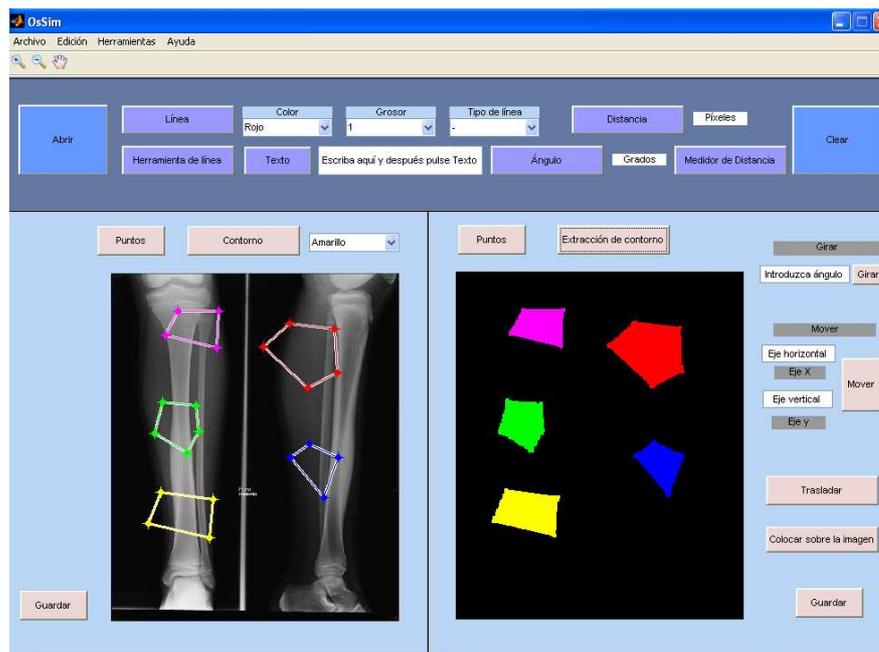


Figura 35. Extracción de contorno.

3.5.3.2 Botón de Girar.

Atendiendo a la figura 32 realizamos un ejemplo de este procedimiento paso a paso con un ángulo de 20 grados del objeto rojo.

- El usuario introduce el valor del ángulo que desee. En este caso 20 grados.

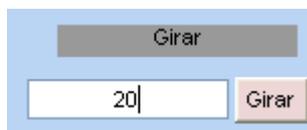
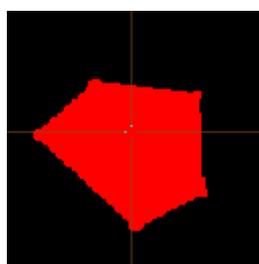


Figura 36. Introducir ángulo de giro.

- Al seleccionar un punto del objeto a girar se obtiene la posición y el valor del color de ese punto. Gracias a su posición se conoce cuál es el objeto a girar.



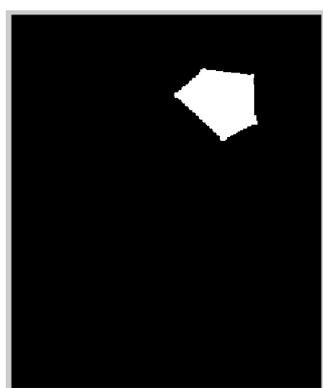
X = 369.2679

Y = 149.3244

Color = 1 0 0 (R G B)

Figura 37. Selección del objeto.

- Se convierte la imagen a blanco y negro. Igual que en el caso de extraer el contorno.
- Se queda sólo con el objeto seleccionado y el resto lo hacemos cero. Se halla la posición de su centroide ya que va a girar sobre este punto.



Centroide

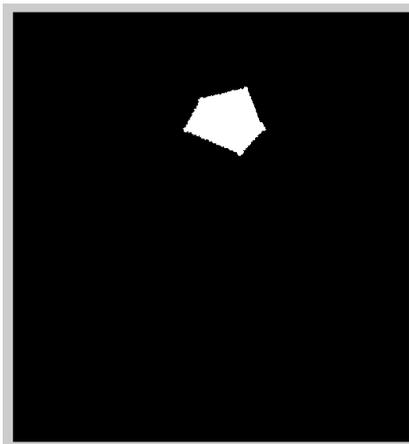
X = 373.2623

Y = 154.8032

Figura 38. Eliminación del resto de objetos y cálculo del centroide.

- Se gira la imagen mediante la función *imrotate* de Matlab y con el ángulo que ha introducido el usuario anteriormente. Además se obtiene la posición del nuevo centroide.

Al rotar el objeto se observa que el tamaño de la imagen cambia por lo que en el siguiente paso hay que devolverla a su tamaño original.



Centroide

$$X = 373.2623$$

$$Y = 154.8032$$

Figura 39. Objeto girado y cálculo del nuevo centroide.

- Se reconstruye la imagen de manera que colocamos el centroide de la imagen girada en la posición del centroide de la imagen sin girar y se restablece a su tamaño original. Además le devolvemos el color.

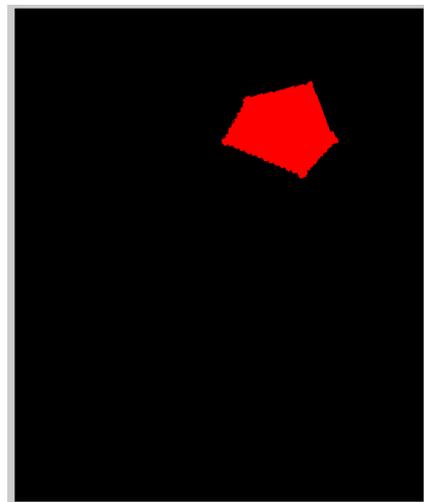
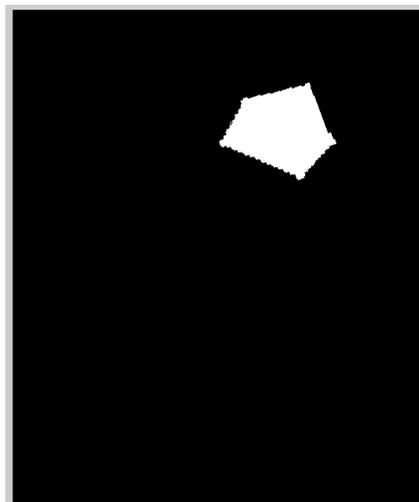


Figura 40. Objeto girado en su posición en Blanco y negro en color.

- Se coge la imagen con todos los objetos y se queda con todos los objetos menos con el que se está girando como se aprecia en la figura 41.

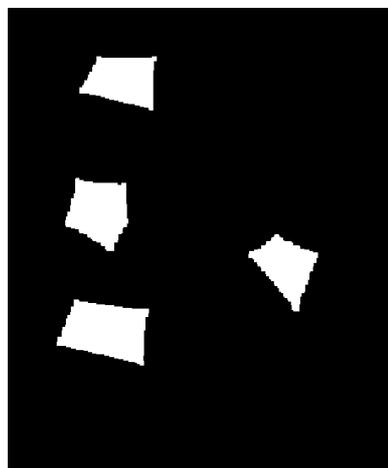


Figura 41. Resto de objetos.

- Se suma la imagen girada a la que contiene todos los objetos menos el objeto a girar y se obtiene el resultado esperado.

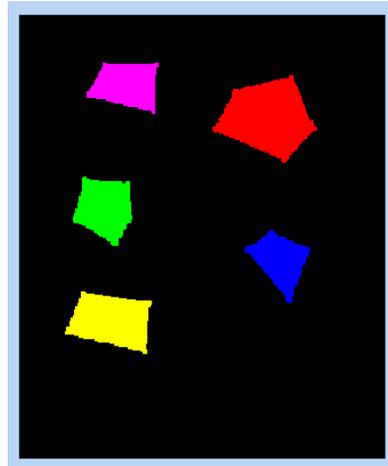


Figura 42. Giro.

De esta manera se consigue que gire sólo el objeto que el usuario desee y tantas veces como quiera.

3.5.3.3 Botón de Mover.

La forma de implementar este procedimiento es similar al de girar. Para explicar mejor su funcionamiento se atiende a la figura que viene a continuación a modo de ejemplo.

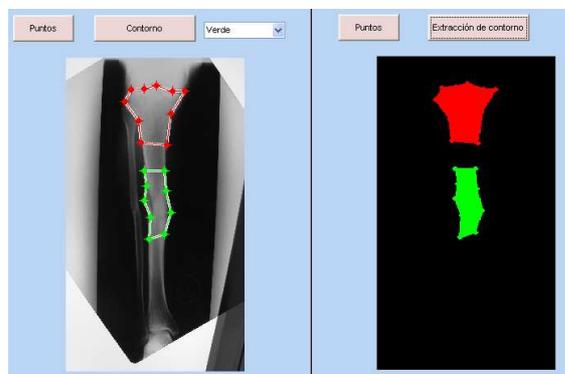


Figura 43. Mover.

- El usuario introduce el valor de las distancias tanto del eje vertical como el del horizontal. En este caso 100 píxeles en ambas direcciones.

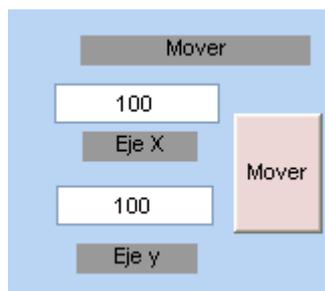
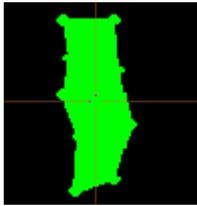


Figura 44. Introducir distancias a mover.

- Al seleccionar un punto del objeto a mover se obtiene la posición y el valor del color de ese punto.



$$X = 547.8846$$

$$Y = 869.4231$$

$$\text{Color} = 0 \ 1 \ 0 \ (\text{R G B})$$

Figura 45. Selección del objeto a mover.

- Se convierte la imagen a blanco y negro.
- Se queda sólo con el objeto seleccionado y el resto se hace cero. Se halla la posición de su centroide ya que se va a mover sobre este punto.

Centroide

$$X = 551.4256$$

$$Y = 885.0247$$

- Se analiza las diferencias de este centroide con las distancias introducidas previamente por el usuario dando lugar a un punto donde se va a colocar el nuevo centroide.

Centroide

$$X = 651.4256$$

$$Y = 785.0247$$

Como se puede apreciar la posición del nuevo centroide es justo 100 píxeles mayor en el eje horizontal y 100 menor en el eje vertical debido a que se ha considerado positivo mover el objeto hacia arriba, justo al contrario de cómo lo interpreta MatLab.

- Se reconstruye la imagen de manera que se coloca el centroide de la imagen en la posición del nuevo centroide.
- Se coge la imagen con todos los objetos y se queda con todos menos con el que se está moviendo.
- Se suma la imagen movida a la que contiene todos los objetos menos el objeto a mover y se obtiene el resultado esperado.

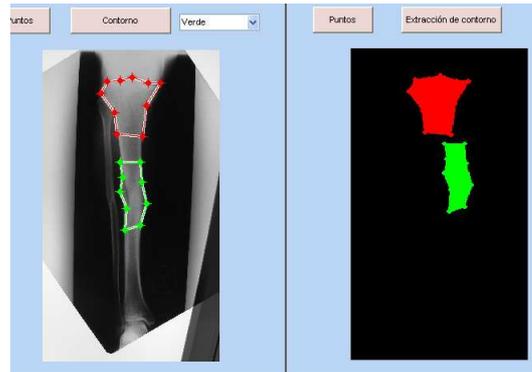


Figura 46 .Resultado de mover.

De esta manera se consigue al igual que en el caso anterior que se mueva sólo el objeto que el usuario desee y tantas veces como quiera.

3.5.3.4 Botón de Trasladar.

Este caso es más sencillo que los anteriores. No requiere hallar el nuevo centroide debido a que el usuario lo introduce al hacer click después de haber seleccionado el objeto a trasladar. El resto del proceso es el mismo que en los casos anteriores. Atendamos a la figura 43 para comprobar su funcionamiento. En este caso trasladamos el objeto rojo.

- El usuario selecciona el objeto que desea trasladar hallando su posición y su color.

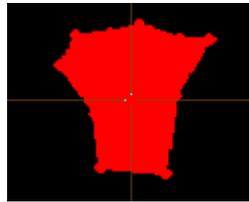


Figura 47 .Selección del objeto a trasladar.

- Se convierte la imagen a blanco y negro.
- Se queda sólo con el objeto seleccionado y el resto lo hace cero. Se halla la posición de su centroide.
- Se analiza las diferencias de este centroide y el nuevo que selecciona el usuario.

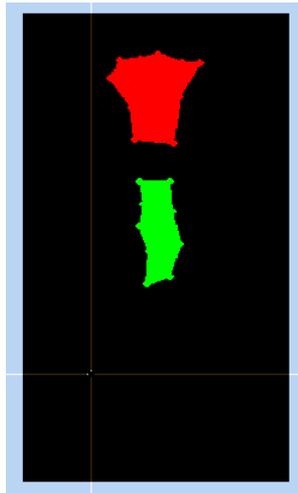


Figura 47 .Selección del objeto a trasladar.

- Se reconstruye la imagen de manera que se coloca el centroide de la imagen en la posición del nuevo centroide.
- Se coge la imagen con todos los objetos y se queda con todos menos con el que se está trasladando.
- Se suma la imagen movida a la que contiene todos los objetos menos el objeto a mover y se obtiene el resultado esperado.

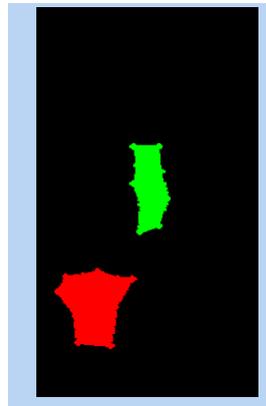


Figura 48 .Resultado de trasladar.

3.5.3.5 Botón de Colocar sobre la imagen.

El objetivo de este botón es poder comparar el resultado después de haber editado los contornos con la imagen original de forma de que se solapen una debajo de la otra. De esta forma obtenemos también cierta transparencia en los contornos lo que permite observar mejor las diferencias entre ambas imágenes.

3.5.3.6 Botones de Puntos y Guardar.

La implementación de estos botones es idéntica a la de los botones correspondientes al panel izquierdo. La única diferencia es que afecta sólo a la parte de panel derecho.

3.5.4 Menú y herramientas de zoom.

La interfaz gráfica de MatLab nos proporciona un editor de menús muy fácil de manejar. Simplemente hay que hacer click en el icono  y aparece la siguiente ventana.

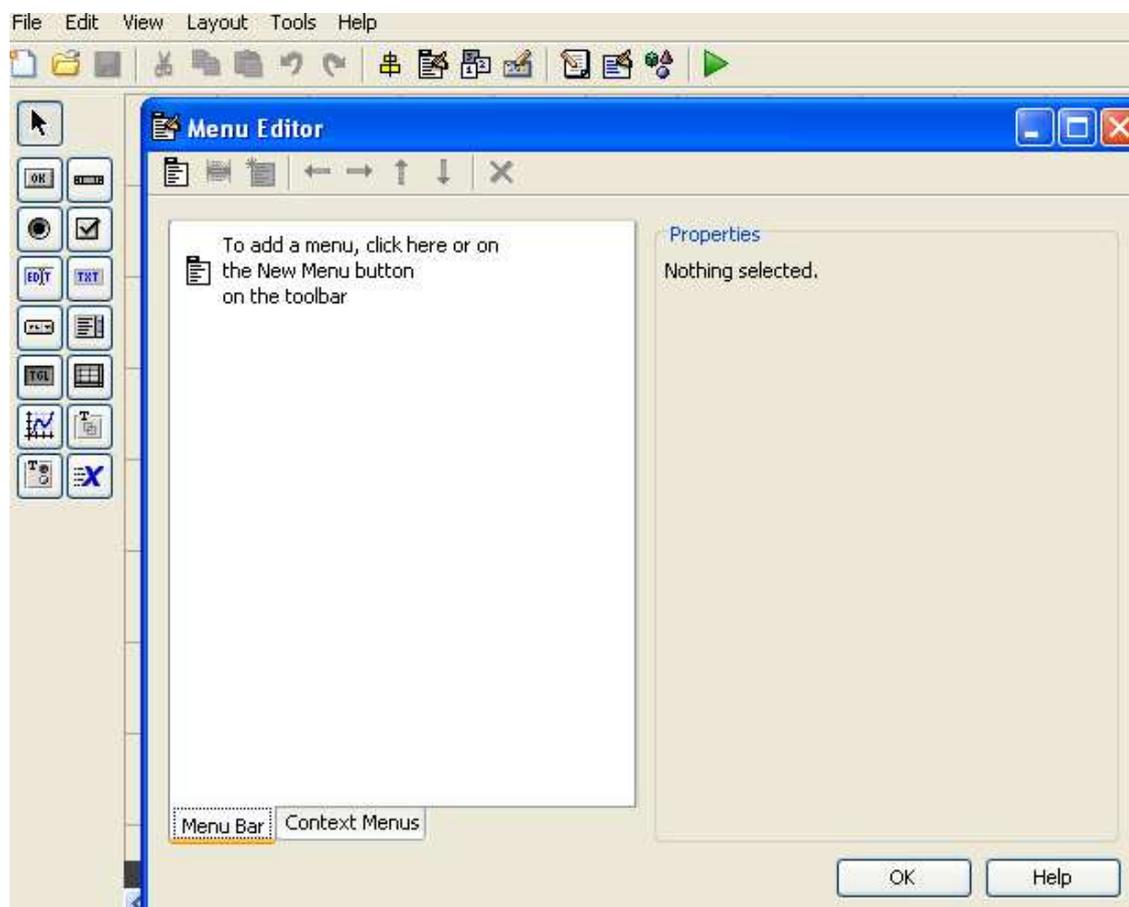


Figura 49. Editor de menús..

El primer paso para la creación del menú es insertar los ítems y los subítems que interesen que se van a colocar en el menú superior.

El resultado de su configuración de cara a la interfaz gráfica se muestra a continuación

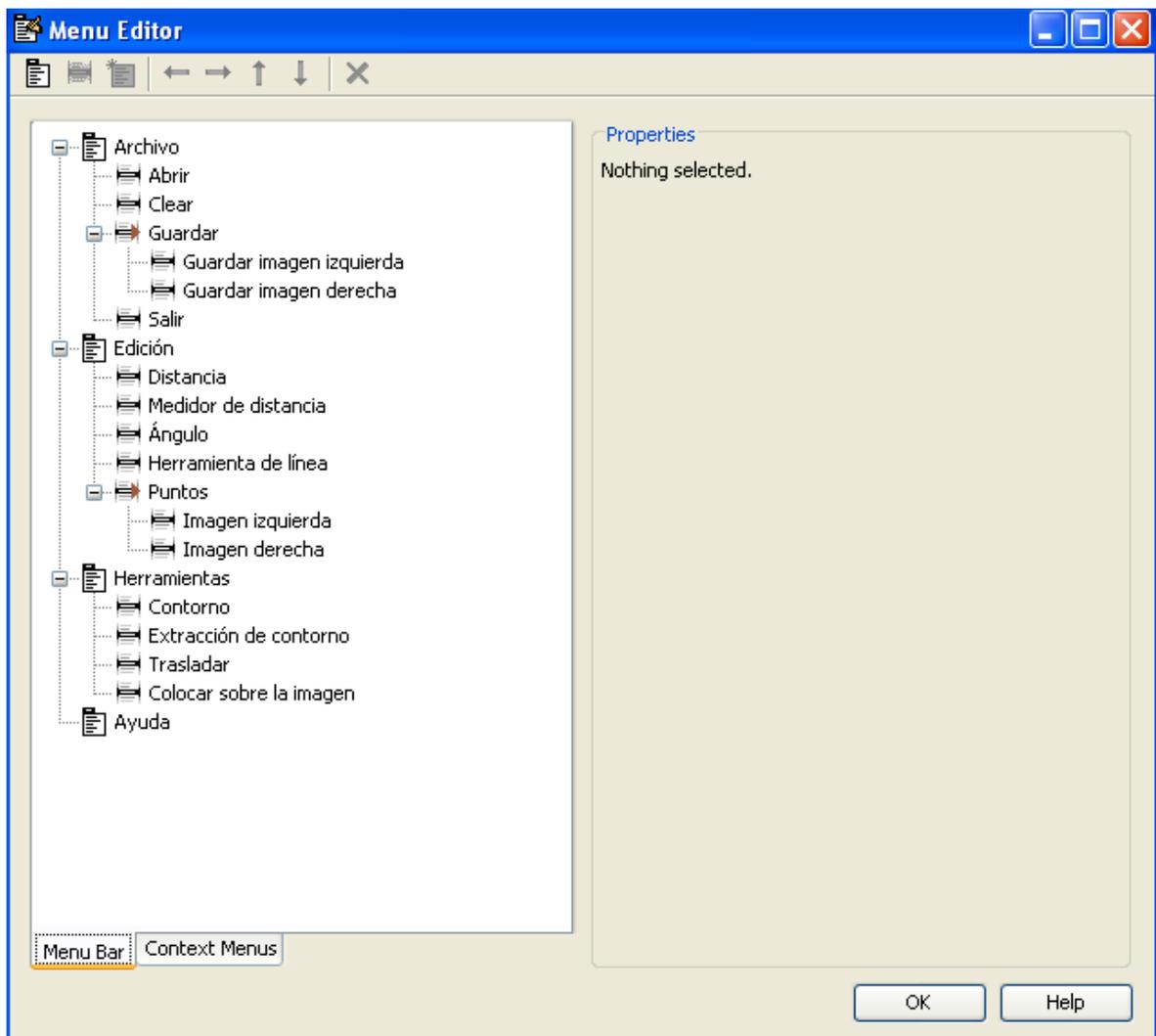


Figura 50. Editor de menús configurado..

El último paso es programar cada uno de ellos. Como la mayoría de ellos cumplen las mismas funciones que los botones y controles del panel frontal de la interfaz gráfica, basta con replicar las instrucciones de las funciones a las que hace referencia.

En nuestro caso esta situación se nos da sólo en una ocasión que es la creación del ítem *ayuda*, el cual hay que programar.

Mediante la instrucción de MatLab *winopen*, abrirá un archivo en formato pdf que contendrá un manual de usuario para facilitar en la medida de lo posible la labor al usuario y que comprenda lo mejor posible todos los conceptos que se tratan en el programa.

3.5.5 Herramientas de zoom.

Se ha decidido incorporar las herramientas de *zoom in*, *zoom out* y *pan* así como un mensaje a la hora de cerrar la aplicación. Esto se consigue mediante las instrucciones propias de MatLab *uitoolbar* y *uitoolfactory*.



Figura 51. Herramientas de zoom.

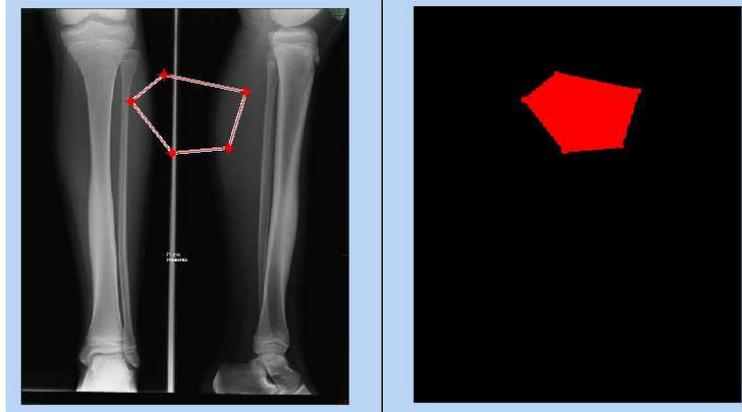


Figura 52. Imagen sin zoom.

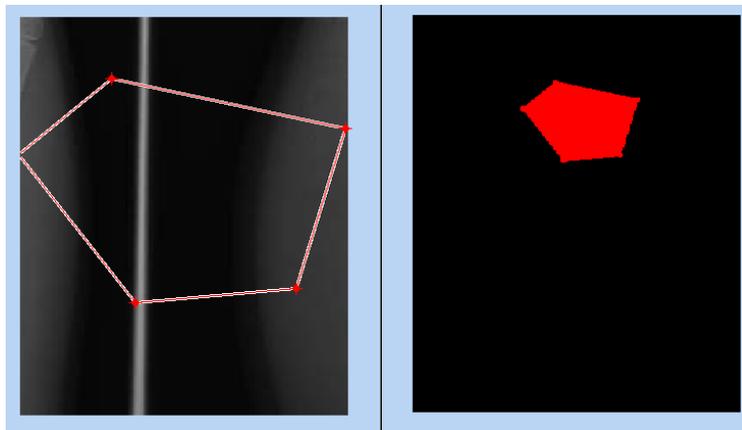


Figura 53. Imagen izquierda con zoom.

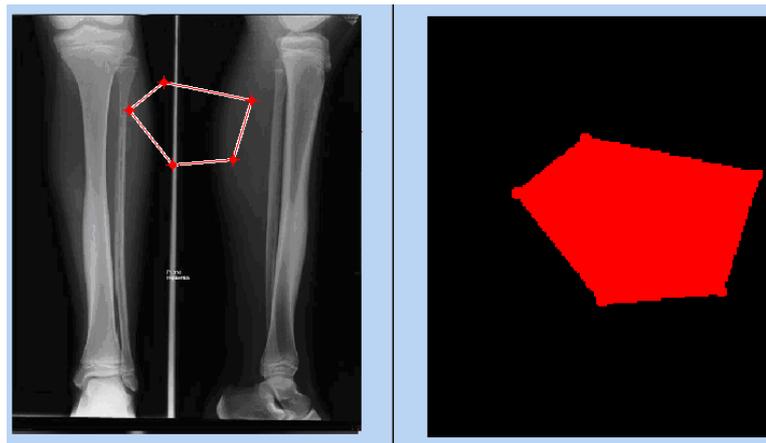


Figura 54. Imagen derecha con zoom

De esta forma se puede comprobar que el zoom se puede aplicar de forma independiente en cualquiera de las dos imágenes. En la primera de ella se observan las dos imágenes sin zoom. En la segunda se observa zoom en la imagen de la izquierda y sin zoom en la derecha y viceversa en la tercera figura.

3.5.6 Mensaje de salida.

Por último se ha decidido introducir un mensaje de salida que pregunte al usuario si éste está realmente seguro de querer salir.

Las funciones utilizadas son *questdlg*, *strcmp* y *delete*.

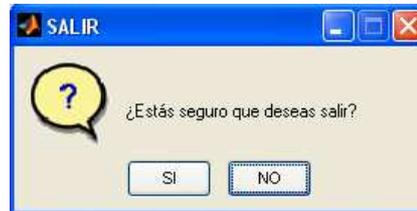


Figura 55. Botón de mensaje de salida.

3.6 Diseño y visualización del proyecto.

A la hora de elegir el diseño se realizaron varias pruebas y se obtuvieron varios modelos de los cuáles se eligió el que se muestra en la figura.

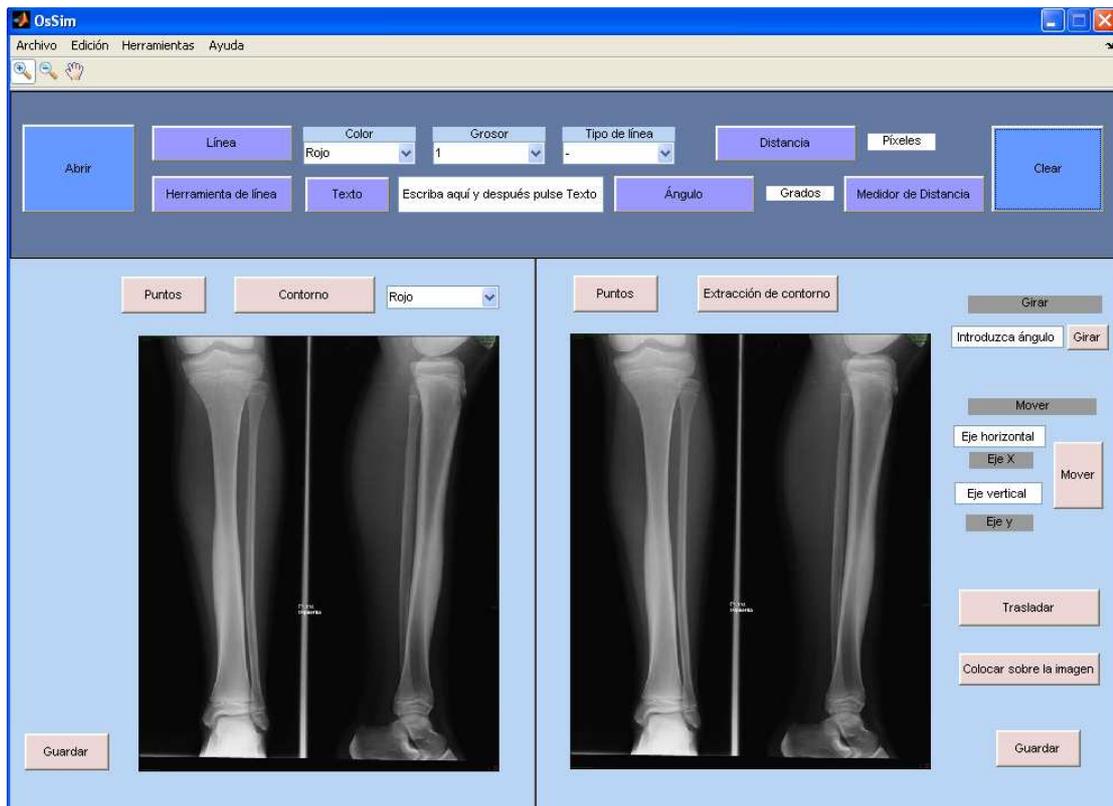


Figura 56. Diseño del proyecto.

Es un diseño sencillo, y la elección de colores y formas hace que sea agradable a la vista y fácil de entender y manejar.

Uno de los principales objetivos marcados es que a cualquier especialista que no sepa manejar programas informáticos no le resulte difícil utilizar este programa.

3.7 Creación del archivo ejecutable.

Una de las grandes ventajas que ofrece MatLab es la posibilidad de crear ejecutables, y gracias a la herramienta MRCinstaler.exe que instala una licencia runtime de MatLab hace que sea posible ejecutar la interfaz gráfica sin tener MatLab instalado en el ordenador.

La instrucción *deploytool* de MatLab es la que permite poder crear un archivo ejecutable. Una vez introducida esta instrucción aparecerá la siguiente ventana.

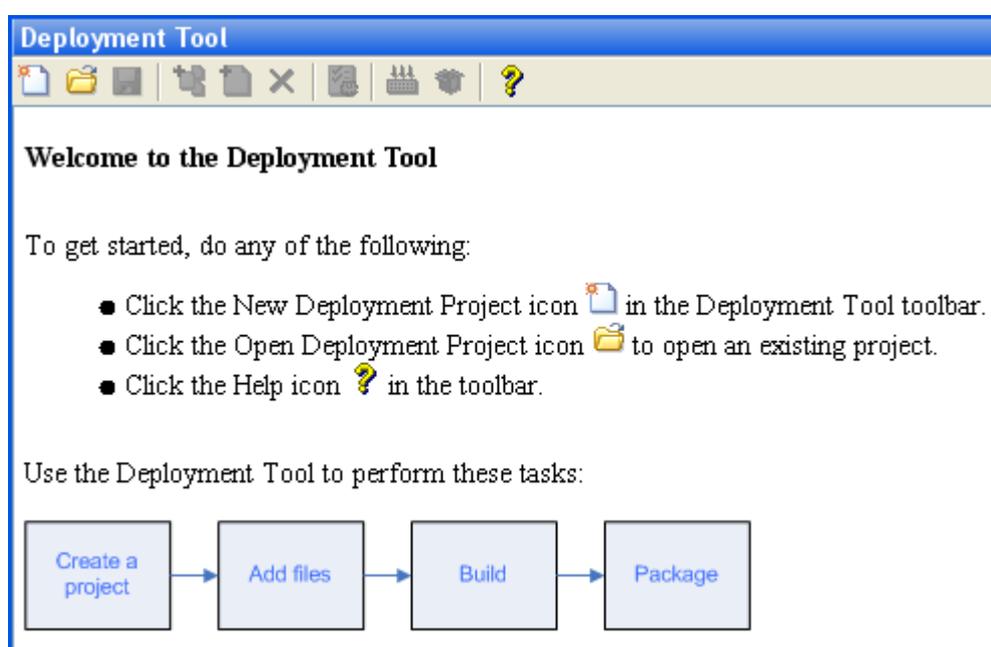


Figura 57. Deploytool.

El primer paso para realizar el ejecutable es crear un nuevo proyecto. Para ello basta con hacer click en el icono que se observa en la imagen superior. Una vez pulsado el icono aparecerá una ventana donde se puede elegir el tipo de proyecto, el nombre y su ubicación. En este caso se elige *Standalone Application* y el nombre *OsSim.prj*.

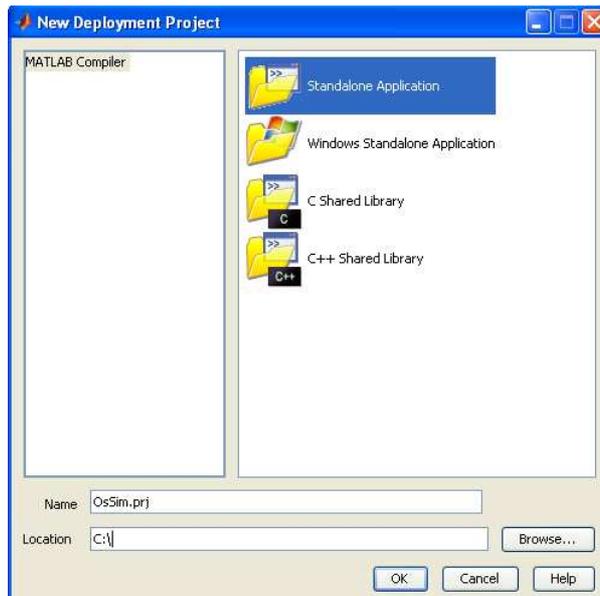


Figura 58. Creación de l proyecto.

El siguiente paso es añadir los archivos que la interfaz requiere tanto los archivos propios de MatLab como los archivos externos que necesite. En este caso se han añadido la función del programa OsSim.exe y el archivo Ayuda.pdf donde se encuentra el manual de usuario.

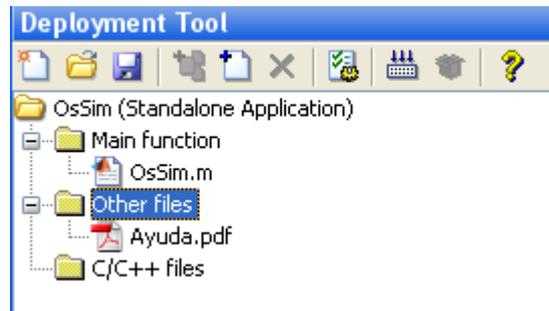


Figura 59. Añadir archivos.

A continuación hay que configurar el proyecto. Para ello se puede incluir la opción de empaquetado para que incluya el archivo MCRInstaller.exe como se aprecia en la imagen que viene a continuación.

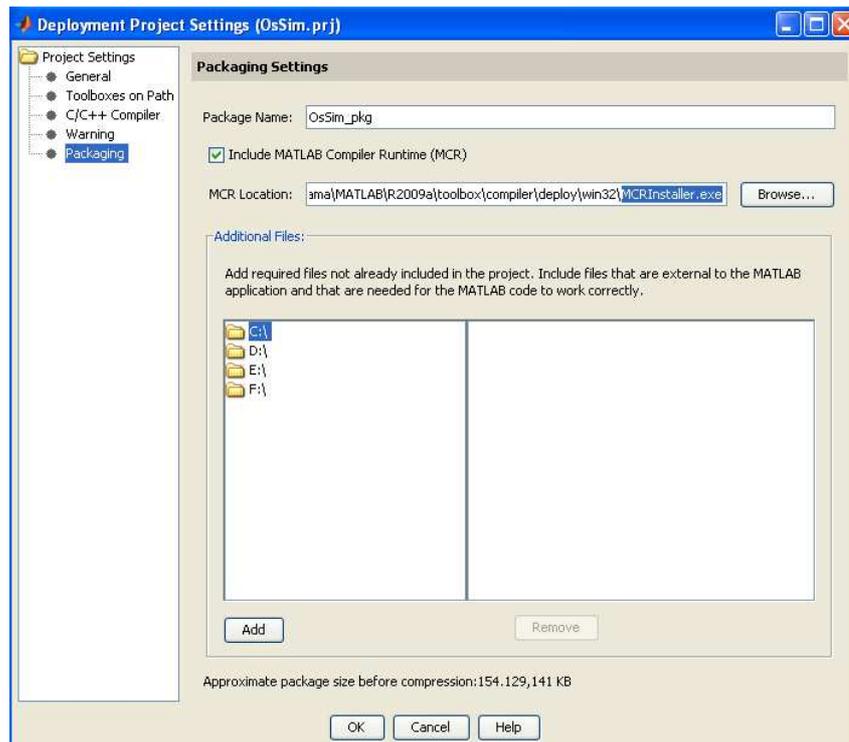


Figura 60. Configuración del proyecto.

El resultado final se aprecia en los dos archivos que se han creado. El primero de ellos es la interfaz gráfica y el segundo de ellos, además de la propia interfaz incluye el archivo de licencia runtime de MatLab.



Figura 61. Ejecutables.

4. Principales problemas.

Uno de los principales problemas ha sido cómo guardar una imagen editada. La primera opción ha sido utilizar la función *imwrite* de MatLab. Al ejecutar el programa mediante esta instrucción, guarda correctamente la imagen pero no todo lo que se ha pintado sobre ella, como líneas, ángulos o contornos. La siguiente prueba se realizó con la función *saveas*, la cual consigue guardar la imagen correctamente e incluye todo lo que se pintado sobre ella. El problema es que hay que pasar la posición donde que ocupa la imagen en la interfaz gráfica. La posición que ocupa una imagen es diferente según su tamaño por lo que no cumple el objetivo de poder insertar imágenes de cualquier tamaño. Además, a la imagen guardada le incorpora un recuadro negro con fondo blanco, lo cual hace que aumente de tamaño. Por estos motivos se descartaron ambos métodos.

La solución fue utilizar *getframe* en las funciones de guardar. Esta instrucción recoge todo lo que haya en el recuadro incluyendo los objetos pintados, y a partir de este momento, se puede utilizar la función *imwrite* que en esta ocasión, sí lo hace correctamente.

Un efecto secundario que produce el uso de esta función es que el tamaño de las imágenes se reduce. Recoge todo lo que haya en la imagen, pero su tamaño es el que ocupa en pantalla. Esto es un problema muy grave debido a que la imagen no se guarda con el tamaño original. La única solución factible, ha sido la de incluir un *imresize* de la forma que sea lo menos negativa posible. Es la parte en la que se puede perder algo de información además de en los pasos de color a blanco y negro y viceversa. Se ha implementado de manera que sólo afecte a la primera iteración de girar, mover y trasladar al igual que en las funciones de guardar, aunque este error es mínimo.

El otro problema ha tenido lugar a la hora de extraer el contorno. El objetivo es extraer todos los contornos que se adquieran del botón de contornos, pero no del resto de operaciones como líneas, puntos o herramienta de distancia. Realmente se extrae todo lo que hay en la imagen por lo que hay que eliminar las partes que no interesan. Los puntos y las líneas se han conseguido eliminar utilizando la función *regionprops* de MatLab. Lo más complicado ha sido eliminar la herramienta de distancias ya que te crea un rectángulo blanco con la medida dentro del propio recuadro. Se ha tenido que buscar los puntos de la imagen donde las 3 componentes sean 1, es decir, las zonas totalmente blancas, y convertirlas a cero. De esta forma nos salvaguardamos además de que puedan aparecer regiones saturadas en la imagen y pueda afectar de forma negativa a la extracción de contorno.

5. Resultado final de la aplicación.

El resultado final de la aplicación y su funcionamiento puede observarse en la gráfica que viene a continuación.

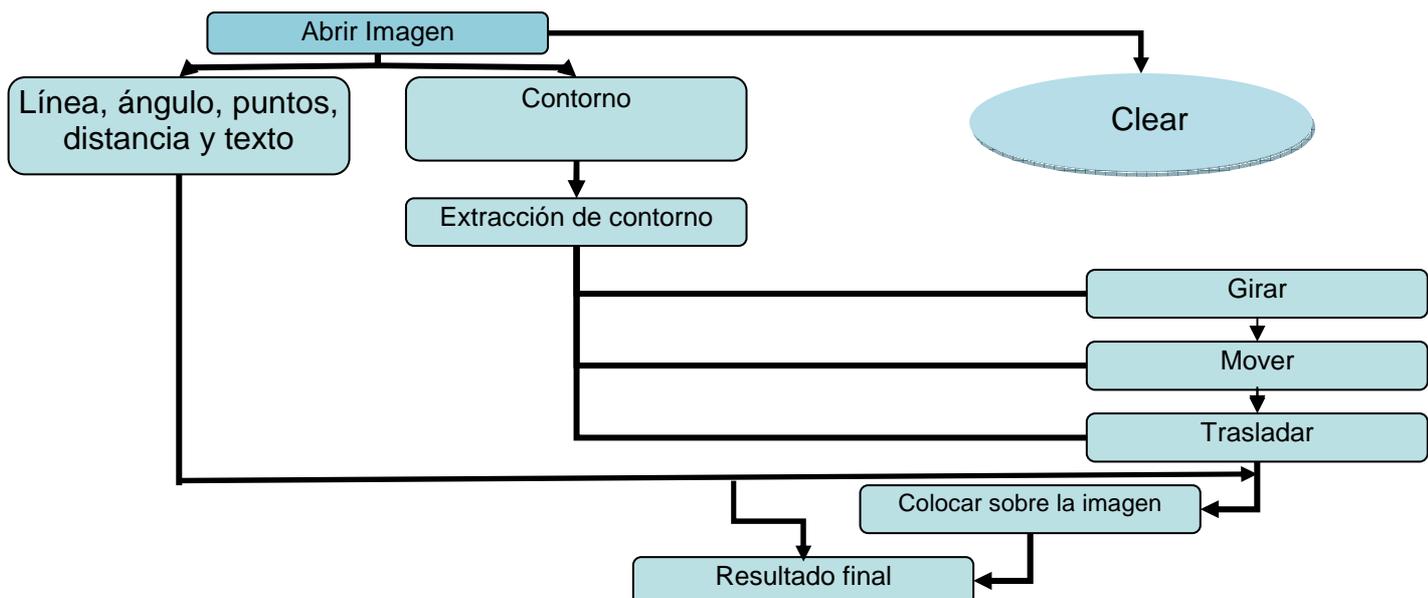


Figura 62. Diagrama de la aplicación.

Como se puede apreciar en la figura 57, para realizar cualquier acción es indispensable abrir una imagen. Una vez abierta se puede realizar cualquier operación del menú superior o de la parte izquierda del programa. Las funciones de línea, ángulo, distancia, texto y demás opciones del menú superior se pueden utilizar en cualquier momento del programa una vez abierta la imagen. Sin embargo, la extracción de contorno necesita haber ejecutado anteriormente la instrucción de contorno porque si no carecería de sentido.

Una vez extraído el contorno se puede realizar operaciones de mover, trasladar o girar. Para comprobar el resultado se puede colocar sobre la imagen original y guardar el resultado obtenido.

El conjunto de funciones y controles implementados en la interfaz se listan en la siguiente figura.



Figura 63. Conjunto de funciones y controles.

El nombre del programa se ha decidido que sea OsSim 1.0 ya que hace referencia a simulador de osteotomías. No se trata de un producto final sino que se trata de una versión preliminar para comprobar las posibilidades que ofrece MatLab para la realización de este tipo de interfaces y ver si satisfacen las necesidades del especialista implicado en el proyecto.

6. Uso de la interfaz.

Hasta ahora se ha visto como se ha estructurado y programado la interfaz gráfica y se ha explicado su funcionamiento. En este apartado se van a ver ejemplos de cómo utilizar el programa OsSim 1.0.

EL primer paso es instalar un archivo llamado MRCInstaller.exe que es una herramienta que instala una licencia runtime de MatLab.

Una vez instalado este archivo hay que abrir el archivo que corresponde a la propia interfaz gráfica OsSim.exe. Una vez abierto deberá aparecer la pantalla del programa con una ventana msdos al lado. Si se cierra esta ventana se cierra el programa.

Se debe comenzar abriendo una imagen cualquiera.

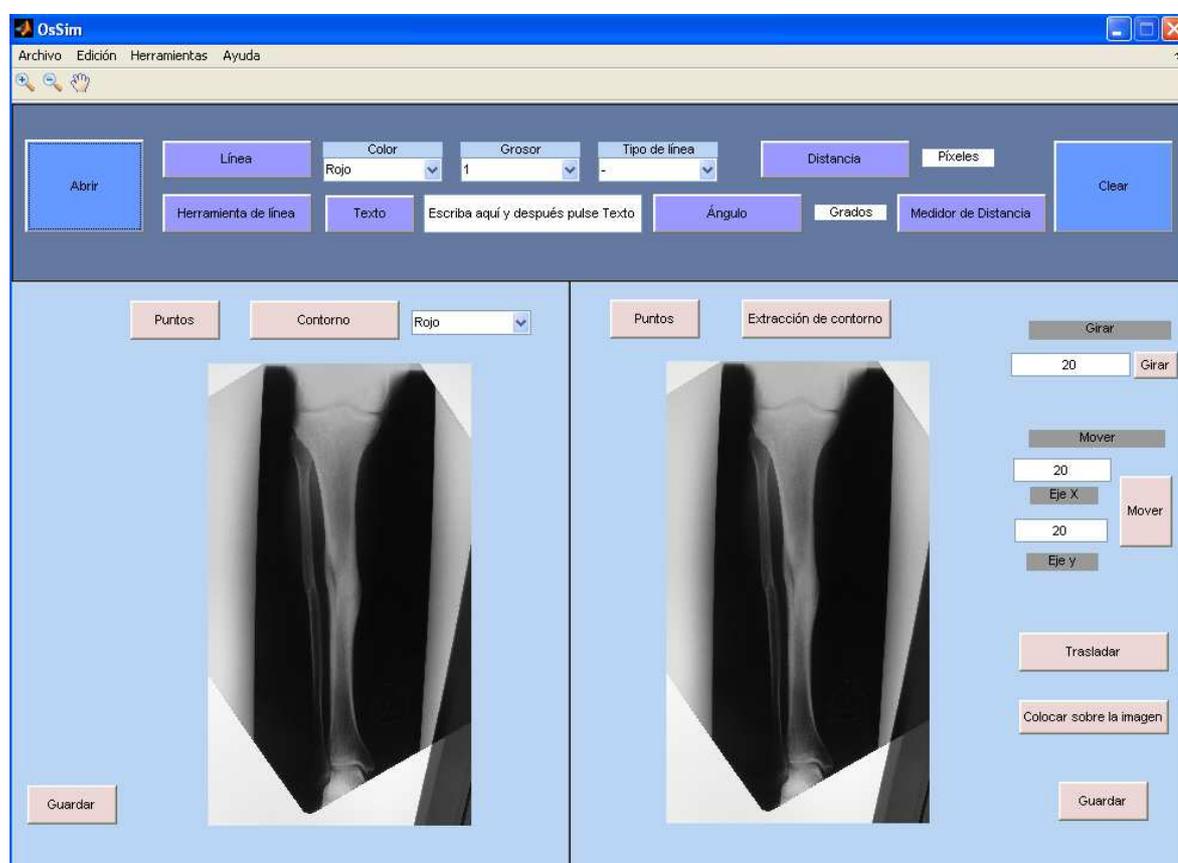


Figura 64. Uso del programa..

El siguiente paso es realizar cualquier operación sobre la imagen de la izquierda. Se ha creado una línea de color rojo de tamaño 5, una línea con la herramienta de línea, una distancia entre los dos puntos rojos que como puede apreciarse es unos 925 píxeles, un ángulo entre tres puntos de 37 grados y un texto que pone "sujeto 1". Esto no corresponde con una planificación de una osteotomía real ya que se trata de un ejemplo para poder mostrar todas las herramientas que se pueden llegar a utilizar en el programa.

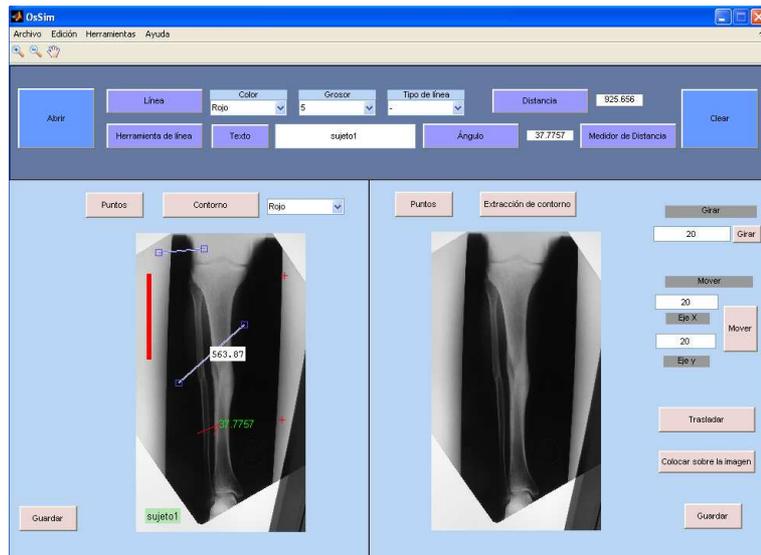


Figura 65. Ejercicio 1.

El siguiente paso lógico una vez realizadas estas operaciones, es dibujar contornos y algún punto.

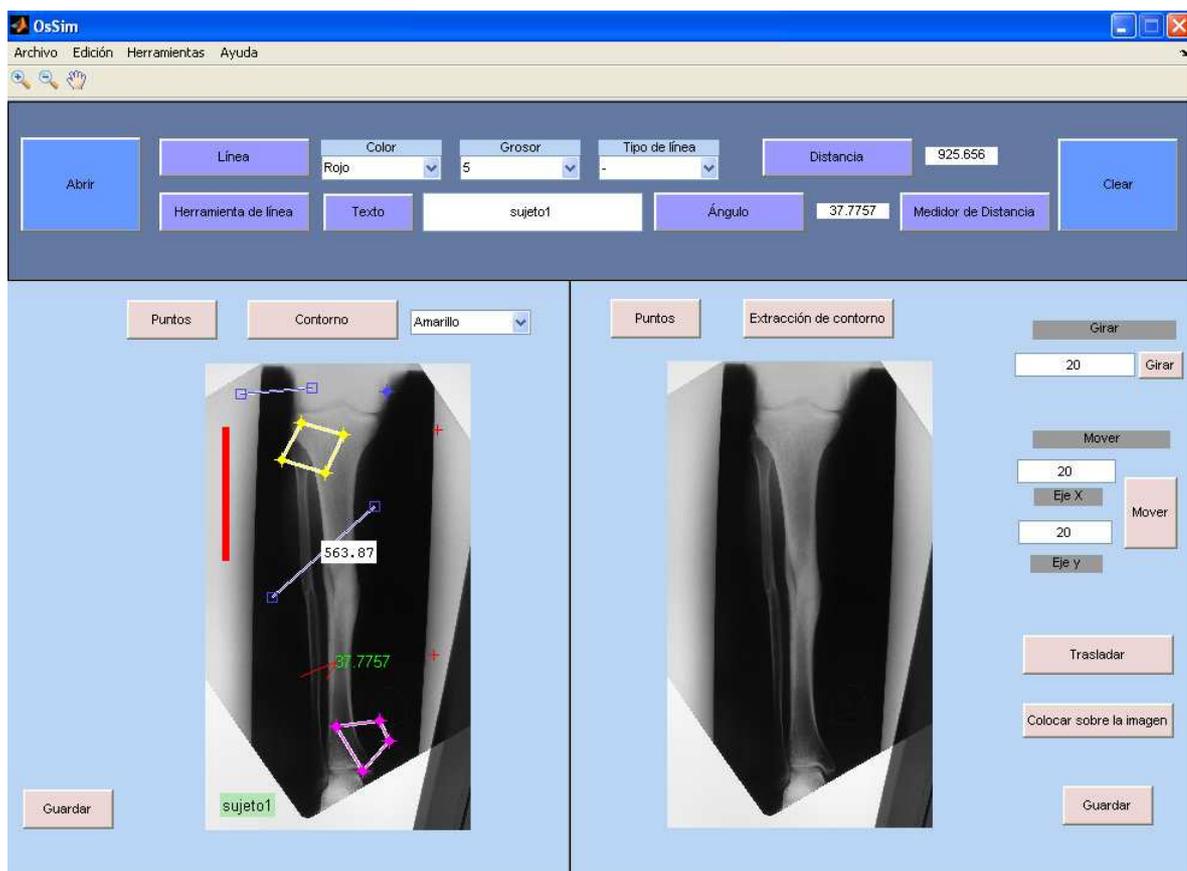


Figura 66. Ejercicio 2.

Tanto la herramienta de línea, como el medidor de distancias como los puntos o como los contornos pueden desplazarse a lo largo de la imagen como se puede comprobar en la siguiente imagen.

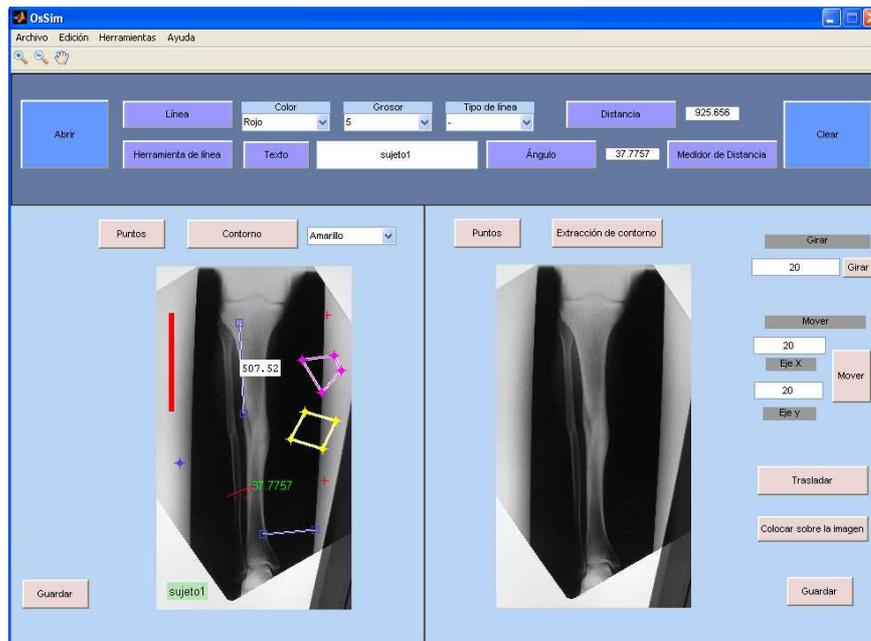


Figura 67. Ejercicio 2.

Ahora se debe extraer los contornos y deben aparecer sólo los contornos en morado y amarillo.

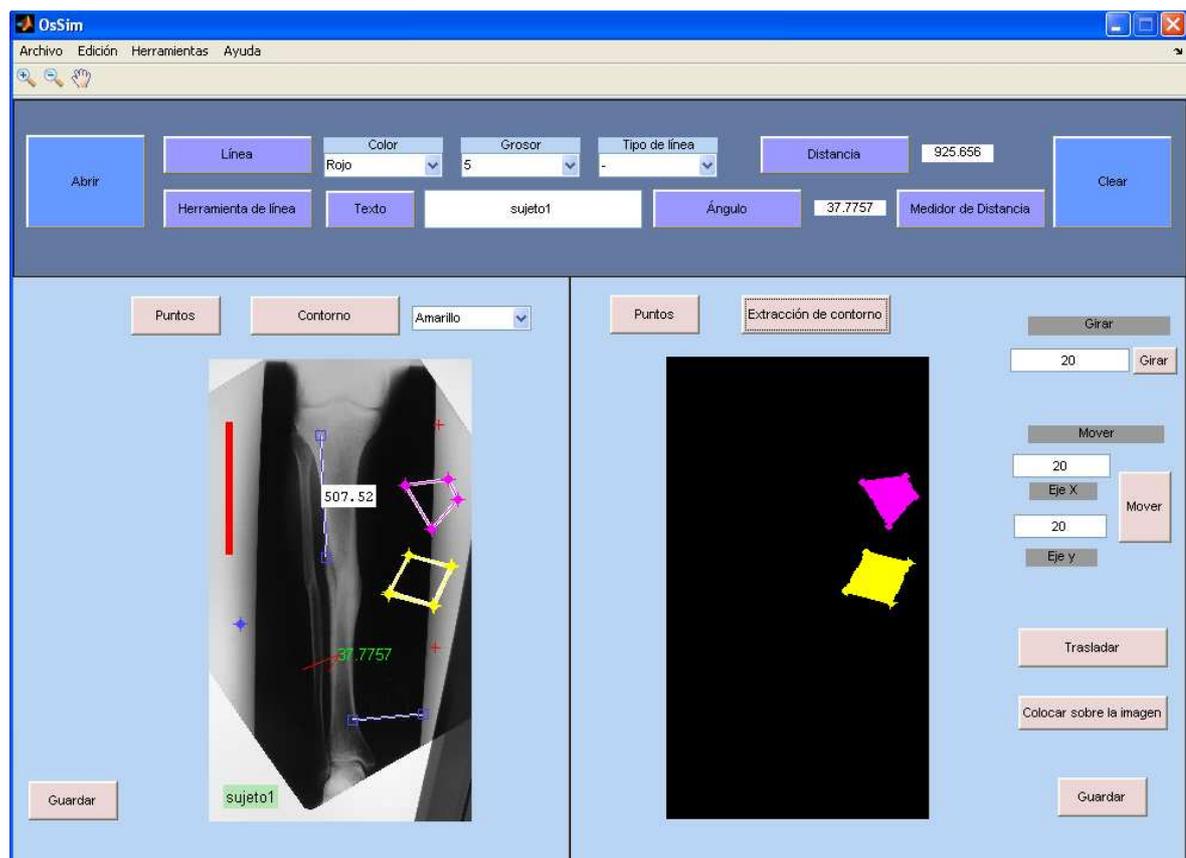


Figura 68. Ejercicio 3.

Por último, sólo falta realizar las operaciones de mover, girar, trasladar y colocar sobre la imagen. Para ello se ha creado un nuevo contorno en color verde y se ha extraído y de esta forma podemos comprobar las 3 operaciones. El objeto de color verde ha sido desplazado 100 píxeles hacia la derecha y 200 hacia abajo. El objeto de color morado se ha girado 50 grados y el objeto amarillo se ha desplazado hacia donde se ha elegido. Al terminar, se ha colocado sobre la

imagen y así se ha comprobado el correcto funcionamiento del programa. Si se desea se puede guardar las imágenes resultantes, cerrar el programa o hacer *clear* para realizar otra prueba.

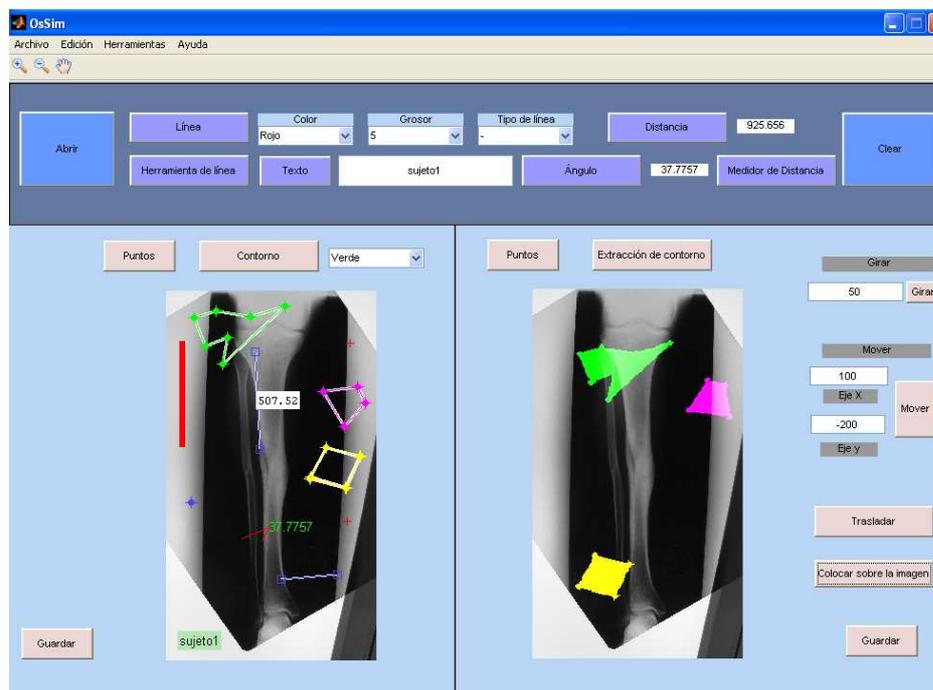


Figura 69. Ejercicio 4.

7. Conclusiones.

Una vez terminado el proyecto solo queda analizar los resultados y obtener las conclusiones.

- La interfaz gráfica de MatLab es una muy buena herramienta para la programación de interfaces gráficas debido a la gran cantidad de recursos y posibilidades que ofrece.
- Los resultados obtenidos en la aplicación se adecuan a las expectativas previstas.
- Es una interfaz sencilla, fácil de manejar y transparente al usuario.

Una posible línea de futuro podría ser trabajar en la mejora en cuanto a la extracción de contorno debido a que no solo extrae el contorno propiamente dicho sino que además incluye los puntos de los vértices con los que se crea el polígono. El programa OsSim es una buena herramienta para la planificación de osteotomías pero está sujeto a posibles mejoras.

Otra posible línea de mejora puede ser ampliar el programa a imágenes en 3D. Hoy en día existen nuevos mecanismos y tecnología suficiente como se ha comentado en la introducción (ver páginas 9-10) para obtener imágenes en tres dimensiones por lo que se podría plantear esta opción en una nueva versión del programa.

8. Manual de usuario.

Para mejorar el uso del programa y ayudar en lo posible al entendimiento del mismo así como de intentar responder a las dudas que puedan surgir a la hora de manejar el programa, se ha creado un manual de usuario para que se pueda acceder desde el propio programa pulsando el botón de ayuda del menú principal. De ésta forma se abrirá un archivo PDF que contendrá el manual de usuario que se muestra a continuación

MANUAL DE USUARIO

El objetivo de este manual es facilitar al usuario recomendaciones y sugerencias para un mejor uso del programa y un glosario de todas las funciones que se pueden aplicar en él.

El programa consta de un menú principal, una serie de botones para realizar operaciones sobre las imágenes y dos recuadros donde se va a colocar la imagen a tratar. Para que resulte más sencillo al usuario el panel principal se ha dividido en tres partes a las cuales se les ha asignado un color diferente. La categoría común, en la parte superior, contiene todas las herramientas que afectan tanto a la imagen de la izquierda como a la de la derecha (*Abrir, clear, línea, texto...*). La parte de la izquierda está destinada realizar operaciones sobre la imagen de izquierda (*puntos, guardar, contorno*), mientras que los botones de la parte derecha afectan a la imagen de la derecha (*extraer contorno, mover, trasladar, puntos, guardar, colocar sobre la imagen*). A continuación se muestra un ejemplo sencillo de cómo utilizar el programa paso a paso.

1. Abrir imagen. Para ello se deberá pulsar el botón “abrir” o en el menú superior pulsar archivo y posteriormente abrir.



Figura 70 Botón Abrir

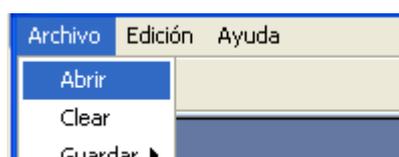


Figura 71. Menú Abrir.

Una vez seleccionada la imagen deberá aparecer en los dos recuadros destinados a ello.

2. A partir de este punto, se puede comenzar a realizar acciones sobre la misma. Un ejemplo podría ser utilizar en la imagen de la izquierda las operaciones Línea, Ángulo y Distancia de la parte superior del programa y contorno de la parte izquierda. Para obtener mayor información sobre estas funciones puedes acceder al glosario al final del documento. Un posible resultado de estas acciones se muestra a continuación.

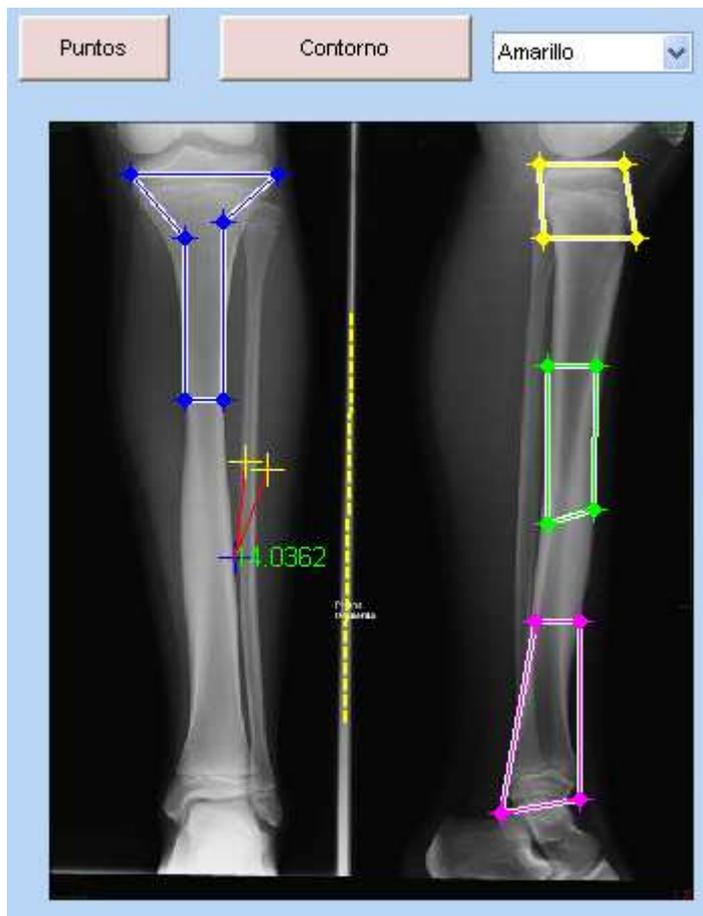


Figura 72. Ejemplo 1

3. Una vez realizados todos los tratamientos que se crean oportunos se podrán aplicar las opciones de extracción de contorno, mover, girar y trasladar como se puede apreciar en la figura que se muestra debajo.

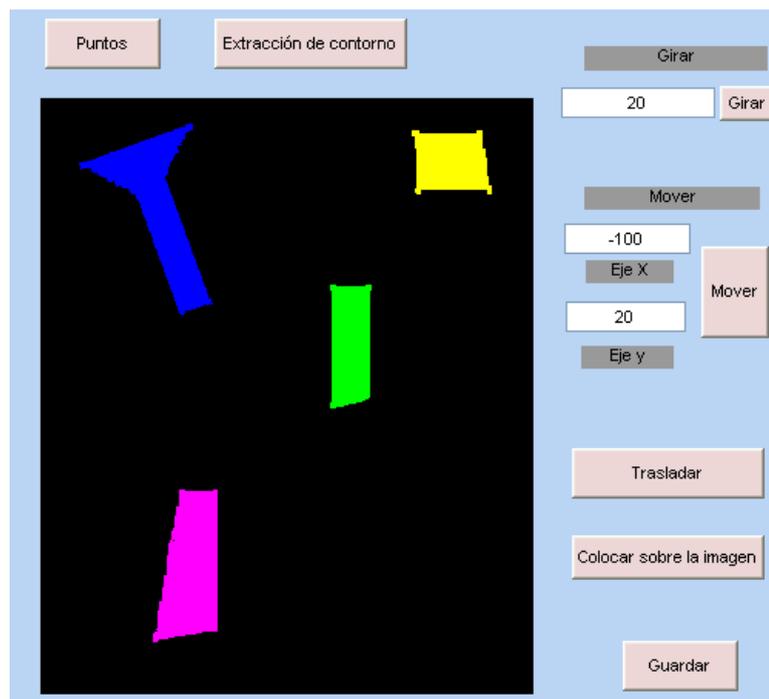


Figura 73. Ejemplo 2.

Se pueden utilizar las opciones de “puntos” y “medidor de distancias“. Por último también se puede guardar la imagen resultante mediante el botón de guardar situado en la parte inferior izquierda de la imagen izquierda si se desea guardar esta imagen y en la parte inferior derecha de la imagen derecha si se desea guardar esta imagen.

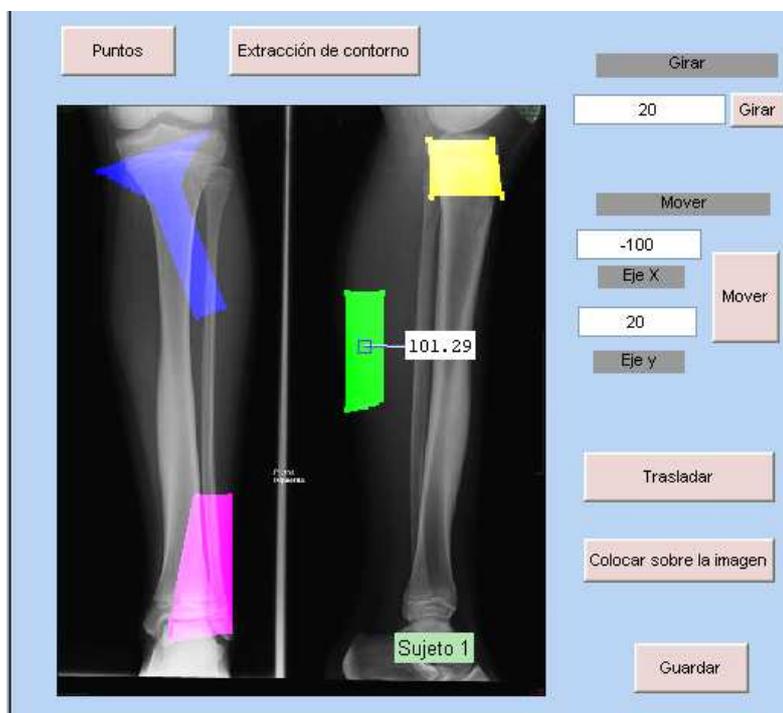


Figura 74. Ejemplo 3.

Glosario

- **Abrir.**

Es el primer paso a realizar en el programa. Si no se carga ninguna imagen, las demás opciones no podrán utilizarse ya que no tendrían sentido. Permite colocar la imagen deseada en los dos recuadros diseñados para poder realizar un tratamiento sobre ella. En el cuadro de la izquierda se podrán realizar todas las opciones tanto de la parte superior como de la parte izquierda del programa. Si deseamos emplear alguna acción sobre el recuadro de la derecha se deberán utilizar las opciones de la parte de la derecha o las comunes (parte superior). Es indispensable que esta imagen se encuentre en el mismo directorio que el programa.

- **Clear.**

Restaura la imagen a su estado inicial en ambos cuadros.

- **Línea.**

Permite dibujar una línea en cualquier parte de ambos recuadros, seleccionando el punto inicial y el punto final una vez pulsado el botón. Requiere

tener la imagen abierta y haber seleccionado el color, el tipo y el tamaño de la línea.

- **Distancia.**

Mide la distancia entre dos puntos seleccionados y muestra junto al botón la distancia medida.

- **Ángulo.**

Determina el ángulo seleccionando tres puntos siendo el primero de ellos el del vértice de las líneas que unen los puntos. A la derecha del botón se muestra el resultado obtenido, al igual que en la propia imagen.

- **Contorno.**

Permite realizar la silueta de una parte de la imagen el color deseado en el cuadro de la izquierda. Para ello una vez pulsado el botón se procederá a la selección de puntos que conforman la silueta.

- **Extracción de contorno.**

Extrae todos los contornos creados en la imagen de la izquierda y los lleva a la segunda imagen.

- **Giro.**

Gira el objeto seleccionado en la imagen de la derecha. Requiere introducir el ángulo donde pone “introduzca ángulo”. Deberá ser un número positivo y el giro se realiza en sentido antihorario.

- **Mover.**

Permite mover el objeto seleccionado especificando la distancia que se desea mover en ambos ejes. Requiere introducir un número en las casillas “Eje horizontal” y “Eje vertical”. El signo positivo desplazará la imagen hacia arriba y hacia la derecha y si es negativo hacia la izquierda y hacia abajo.

- **Trasladar.**

Permite trasladar el objeto a la posición deseada. El objeto se trasladará a la posición de tal manera que el punto seleccionado será el nuevo centroide del objeto trasladado.

- **Puntos.**

Permite colocar uno o varios puntos sobre la imagen. Este punto se podrá desplazar. Hay uno para cada una de las imágenes.

- **Herramienta de línea.**

Permite crear una línea con la capacidad de poder desplazarse y cambiar de tamaño a lo largo de la imagen de manera dinámica.

- **Herramienta de distancia**

Idéntica a la línea solo que en este caso añade la distancia entre los dos puntos de la línea.

- **Guardar**

Guarda la imagen pudiendo elegir el formato deseado.

- **Texto**

Permite al usuario introducir un texto en cualquier parte de las dos imágenes haciendo click en el punto deseado.

- **Colocar sobre la imagen**

Al utilizar esta opción, sobrepone los resultados obtenidos sobre la imagen original y así poder comprobar las modificaciones realizadas.

- **Menú**

Situado en la parte superior, su función es facilitar el acceso a determinadas funciones de la interfaz gráfica.

- **Archivo**

- Abrir: Mismo efecto que pulsar el botón
- Clear: Mismo efecto que pulsar el botón
- Guardar: Mismo efecto que el botón
- Salir: Salir del programa

- **Edición**

- Herramienta de línea: Crea una línea que se puede desplazar sobre las imágenes.
- Ángulo: Mismo efecto que el botón
- Distancia: Activa la herramienta de distancia.
- Medidor de distancias: Mismo efecto que el botón.
- Puntos:

- Imagen izquierda: Mismo efecto que el botón.
- Imagen derecha: Mismo efecto que el botón.

- **Herramientas**

- Contorno: Mismo efecto que el botón.
- Extracción de Contorno: Mismo efecto que el botón.
- Trasladar: Mismo efecto que el botón.
- Colocar sobre la imagen: Mismo efecto que el botón.

- **Ayuda**

Abre este documento

9. Anexo I. Índice de figuras.

Tabla 1. Valores normales de ángulos.....	11
Tabla 2. Tipos de osteotomías agudas.....	18
Figura 1. Fases del proyecto.....	19
Figura 2. Panel de interfaz gráfica en Matlab.....	21
Figura 3. Panel superior.....	22
Figura 4. Panel izquierdo.....	22
Figura 5. Panel derecho.....	23
Figura 6. Estructura con axes.....	23
Figura 7. Paleta de controles.....	24
Figura 8. Botón Abrir.....	24
Figura 9. Botón de Línea.....	24
Figura 10. Herramienta de Línea.....	24
Figura 11. Botón de Texto.....	25
Figura 12. Botón de Ángulo.....	25
Figura 13. Botón de Distancia.....	25
Figura 14. Botón de Medidor de Distancia.....	25
Figura 15. Botón de Clear.....	25
Figura 16. Objetos panel superior.....	26
Figura 17. Botón de Contorno.....	26
Figura 18 Botón de Puntos.....	26
Figura 19. Botón de Guardar.....	27
Figura 20. Objetos panel izquierdo.....	27
Figura 21. Botón de Extracción de Contorno.....	28
Figura 22. Botón de Puntos.....	28
Figura 23. Botones de Girar.....	28
Figura 24. Botones de Mover.....	28
Figura 25. Botón de Trasladar.....	28
Figura 26. Botón de Colocar sobre la imagen.....	29
Figura 27. Botón de Guardar.....	29
Figura 28. Objetos panel derecho.....	29
Figura 29. Estructura del proyecto.....	30
Figura 30. Abrir imagen.....	31
Figura 31. Guardar imagen.....	33
Figura 32. Creación de contornos.....	34
Figura 33. Componentes de la imagen.....	35
Figura 34. Contornos en color.....	35
Figura 35. Extracción de contorno.....	35
Figura 36. Introducir ángulo de giro.....	36
Figura 37. Selección del objeto.....	36
Figura 38. Eliminación del resto de objetos y cálculo del centroide.....	36
Figura 39. Objeto girado y cálculo del nuevo centroide.....	37
Figura 40. Objeto girado en su posición en Blanco y negro y en color.....	37
Figura 41. Resto de objetos.....	37
Figura 42. Giro.....	38
Figura 43. Mover.....	38
Figura 44. Introducir distancias a mover.....	38
Figura 45. Selección del objeto a mover.....	39
Figura 46 .Reultado de mover.....	40

<i>Figura 47 .Selección del objeto a trasladar.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 47 .Selección del objeto a trasladar.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 48 .Resultado de trasladar.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 49. Editor de menús.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 50. Editor de menús configurado.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 51. Herramientas de zoom.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 52. Imagen sin zoom.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 53. Imagen izquierda con zoom.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 54. Imagen derecha con zoom.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 55. Botón de mensaje de salida.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 56. Diseño del proyecto.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 57. Deploytool.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 58. Creación de l proyecto.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 59. Añadir archivos.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 60. Configuración del proyecto.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 61. Ejecutables.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 62. Diagrama de la aplicación.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 63. Conjunto de funciones y controles.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 64. Uso del programa.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 65. Ejercicio 1.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 66. Ejercicio 2.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 67. Ejercicio 2.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 68. Ejercicio 3.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 69. Ejercicio 4.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 70 Botón Abrir.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 71. Menú Abrir.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 72. Ejemplo 1.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 73. Ejemplo 2.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 74. Ejemplo 3.....</i>	<i>57</i>

10. Bibliografía.

Osteotomías.

- De Pablos, J. La Rodilla Infantil. Madrid: Ergon, 2003.
- Esteban Múgica, B. Desviaciones de los ejes de miembros inferiores en la infancia. Madrid. Sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología, 1981.
- De Pablos, J. Fracturas infantiles. Conceptos y Principios. Gijón: MBA, 2005.
- Muñoz J. Atlas de mediciones radiográficas en ortopedia y traumatología. McGraw-Hill Interamericana, México DF 1999.
- Resnick D. Huesos y articulaciones en imagen. Técnicas diagnósticas. Ed. Marban, Barcelona 2001
- De Pablos J, Cañadell J. Métodos de Elongación ósea y sus Aplicaciones. Pamplona. Ediciones Universidad de Navarra, 1990.
- De Pablos, J. La Rodilla Infantil. Madrid: Ergon, 2003.

MatLab.

- Interfaces Gráficas en Matlab Usando Guide Evento: M. C. José Jaime Esqueda Elizondo (Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Tijuana), Daniel de León Cárdenas, Jorge Espinosa Caballero, José Luis Vargas Cruz Noviembre de 2002.
- Introduction to Graphical User Interface (GUI) MATLAB 6.5. Refaat Yousef Al Ashi, Ahmed Al Ameri, 2001.
- MATLAB 7 Creating Graphical User Interfaces. Mathworks. 2008.