



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# “SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES TRIDIMENSIONALES PARA DETERMINAR LA ENFERMEDAD VALGUS ÍNDEX DEL PIE HUAMANO”.

**Realizado por:**

Mayra Paulina Mallitasig Sinchiguano

Juan Gabriel Mallitasig Sinchiguano

**Revisado por:**

**Director:** Ing. Eddie Galarza



# AGENDA

**Antecedentes, Objetivos e Hipótesis**

**Descripción del Valgus Índice, Causas, Síntomas**

**Formula del valgus índice, Criterios**

**Descripción del proyecto**

**Desarrollo del sistema**

**Análisis de Resultados**

**Conclusiones y Recomendaciones**



# ANTECEDENTES

- El pie valgo constituye una de las alteraciones del pie más frecuentes, especialmente en la población infantil, en la que se observa una prevalencia de más del 50 % en las revisiones escolares.
- Pie plano congénito o pie plano osteo-articular.
- Pie plano adquirido, cuya clínica se correspondería al pie valgo.
- El autor Petar Pitzan manifiesta que el pie plano congénito es poco frecuente y que suele aparecer asociado a otras malformaciones congénitas, tales como pie zambo (trastorno congénito más común de las piernas y puede ir de leve y flexible a grave y rígido.) y luxación de cadera; sin embargo describe el pie plano adquirido como el pie que presenta un valgo de talón por una disfunción de los tejidos blandos, presentando a la vez trastornos vasculares, y tumefacción de partes blandas.



# OBJETIVOS

## GENERAL

- Diseñar e Implementar un sistema de procesamiento de imágenes tridimensionales para determinar la enfermedad del valgus índice del pie humano.

## ESPECÍFICOS

- Investigar sobre la enfermedad del valgus índice (índice valgo).
- Investigar la forma en que se realiza el procesamiento de imágenes tridimensionales.



# OBJETIVOS

## ESPECÍFICOS

- Determinar la operación de las cámaras 3D y el software para adquirir las imágenes.
- Diseñar e implementar un sistema de procesamiento de imágenes tridimensionales
- Realizar pruebas de funcionamiento de la aplicación, enfocadas a evaluar la existencia de la enfermedad del valgus índice.
- Realizar mediciones a personas relacionadas con el valgus índice.



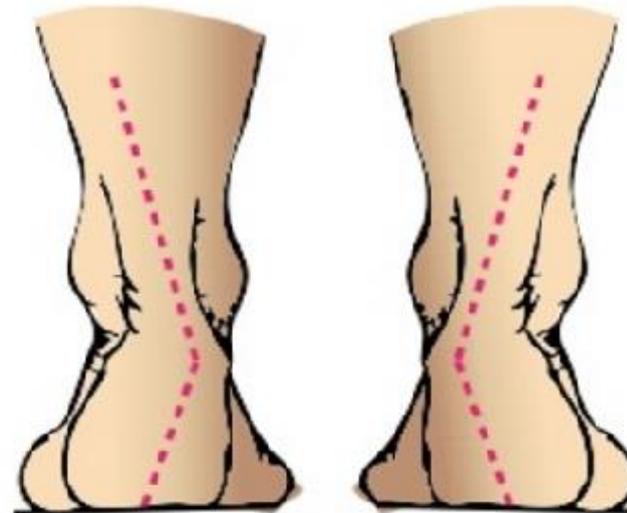
# HIPÓTESIS

¿El uso del sistema de procesamiento de imágenes tridimensionales permitirá determinar la existencia de la enfermedad del valgus índex en el pie de una persona?



# VALGUS ÍNDEX

- El valgus índice surge como consecuencia de una desviación lateral del talón produciendo que la bóveda plantar cuando se encuentre cargada caiga debido a la falta de tensión de los tendones y músculos.
- El valgus índice se caracteriza por ser un trastorno funcional del retropié que cursa con una desviación del eje del talón hacia fuera o hacia dentro con respecto a la vertical o línea de Helbing.



# VALGUS ÍNDEX

- El valgus índice puede ser reconocido por los padres de los niños que con mayor frecuencia acuden donde un médico especialista, pero muy pocos son los padres que llevan a sus hijos al médico o van por que padecen alguna enfermedad. El valgus índice es una patología frecuente y está asociada a diferentes alteraciones del pie y de la pierna, que en otros casos es detectada en la vida adulta del paciente que posee la deformidad, siendo responsable de complicaciones articulares, sinovitis, etc.



# Causas del valgus índice

- Debilidad de los ligamentos plantares, que son incapaces de mantener la correcta posición del pie.
- Compensación del talón de una mala posición del antepie.
- Insuficiencias musculares que no mantengan bien alineado el talón.

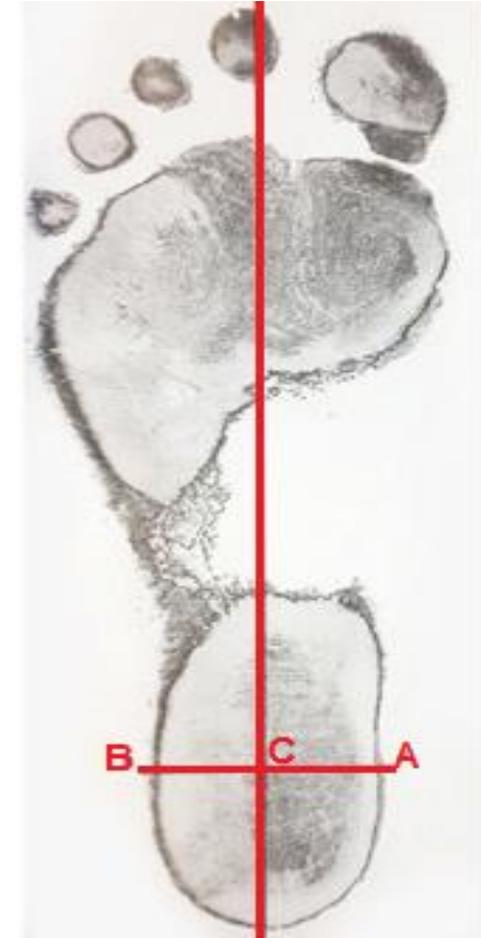
# Síntomas del valgus índice

- Sufren de pies cansados y poseen fatiga frecuente al caminar.
- Una persona con pie valgo o pie varo sufre dolor y molestias en la rodilla y talones.
- Su pisada es direccionada hacia la parte interna o externa del talón, de ese modo se produce el desgaste del zapato.
- Pérdida de amortiguación al caminar haciendo que esta tarea se convierta en una molestia.



# Formula del valgus índice

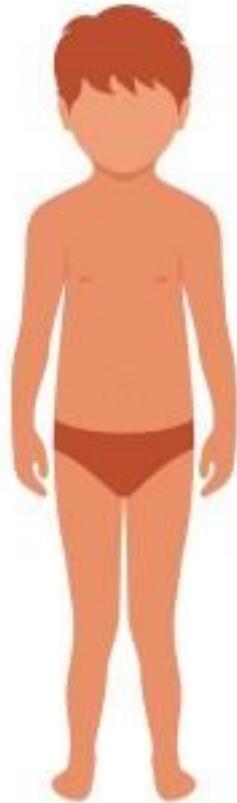
- $$\text{ÍNDICE VALGO} = \left[ \frac{(0.5 * AB - AC)}{AB} \right] * 100\%$$
- CRITERIOS:
  1. Índice valgus <11%: Tendencia a la parte trasera del pie varo
  2. 11% <Índice Valgus <14%: rango de normalidad
  3. Índice valgo > 14%: Tendencia a la parte trasera del pie valgo



# Pie valgo, Pie varo y Pie normal



**NORMAL**



**VALGUS**



**VARUS**

## Vista posterior Pierna Derecha



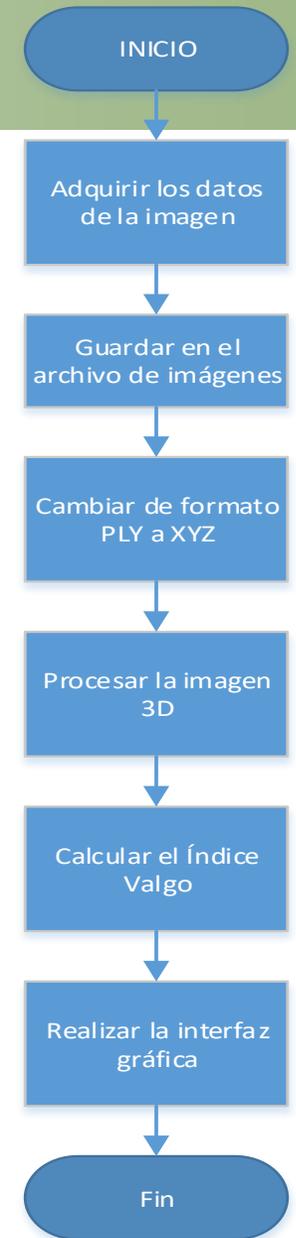
# DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

- Para la realización del proyecto se presenta la adquisición de datos mediante la cámara Kinect y software Skanect, posteriormente las imágenes serán almacenadas en el sistema de archivo de imágenes, a su vez el sistema de procesamiento 3D se lo realiza en el software Python, por último se presenta la interfaz gráfica para visualizar los resultados obtenidos.

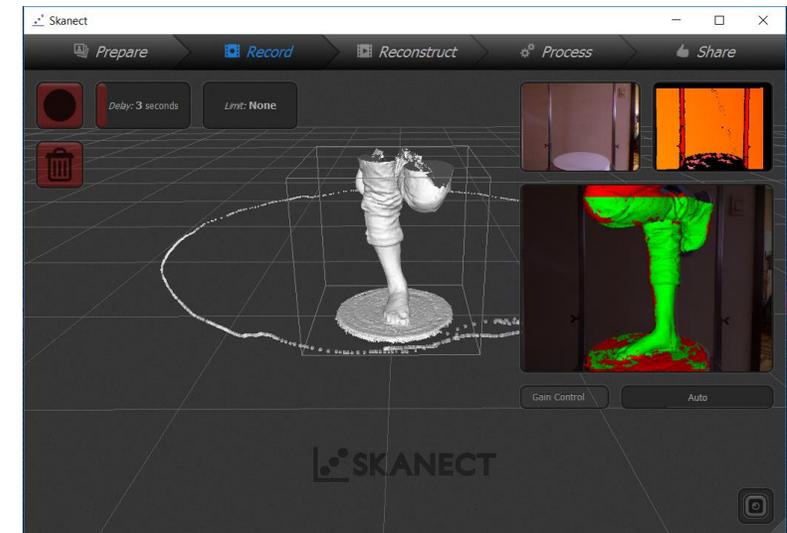
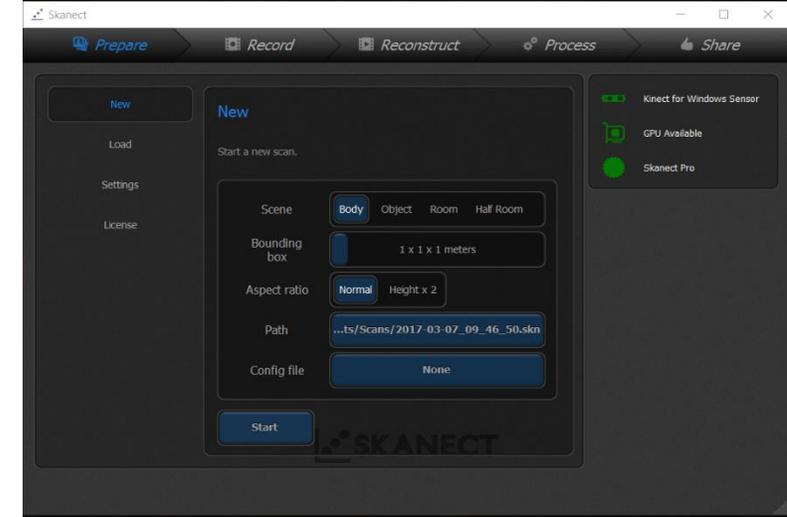
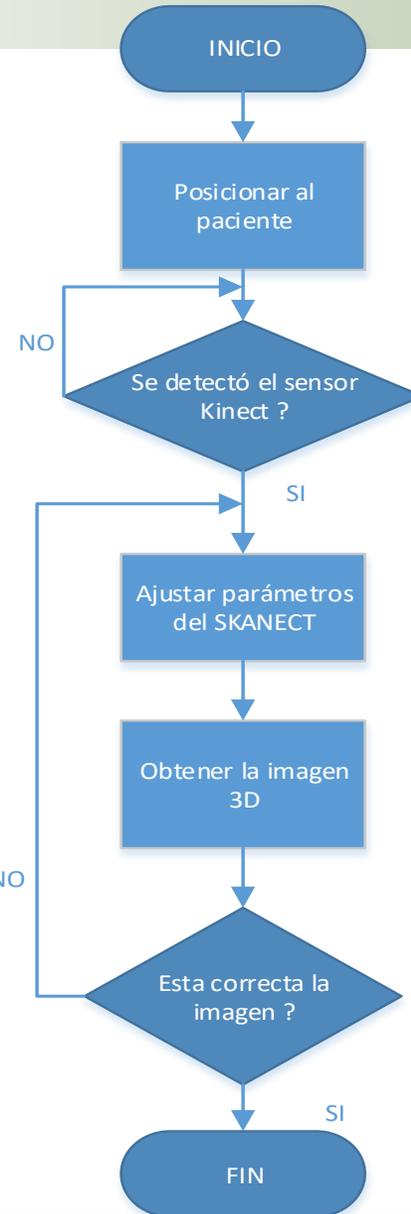
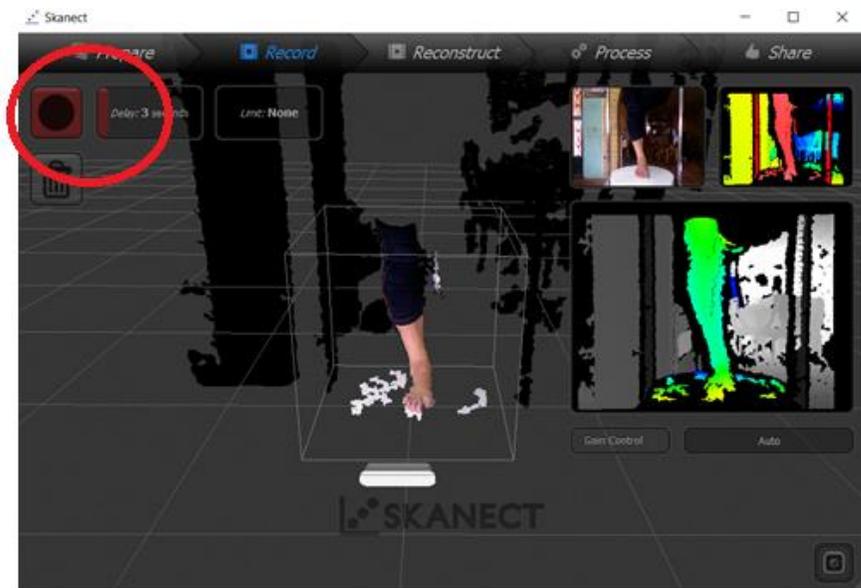


# DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL

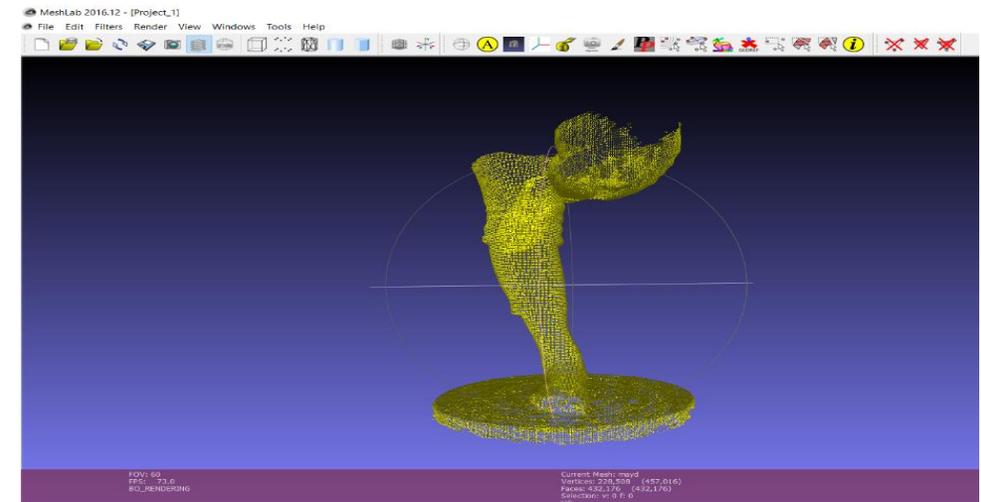
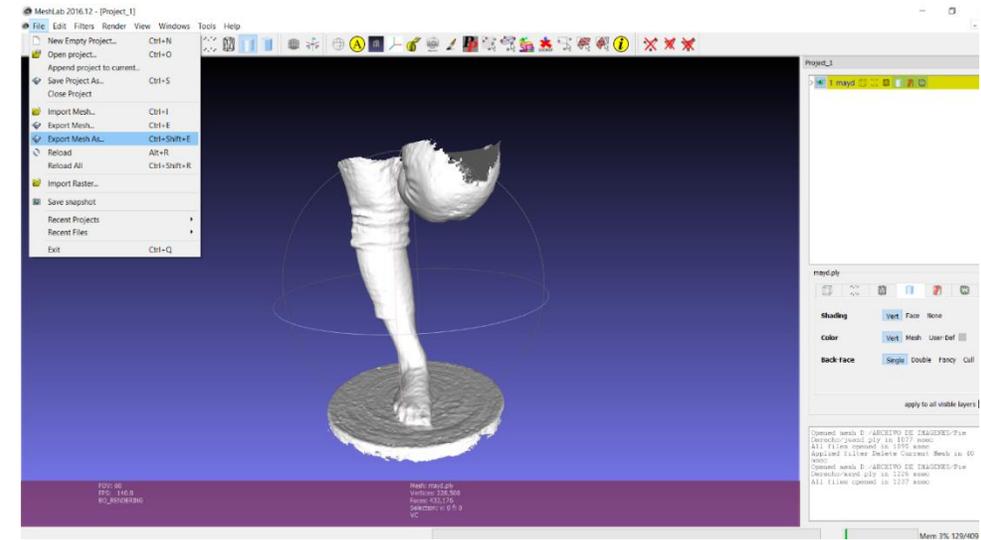
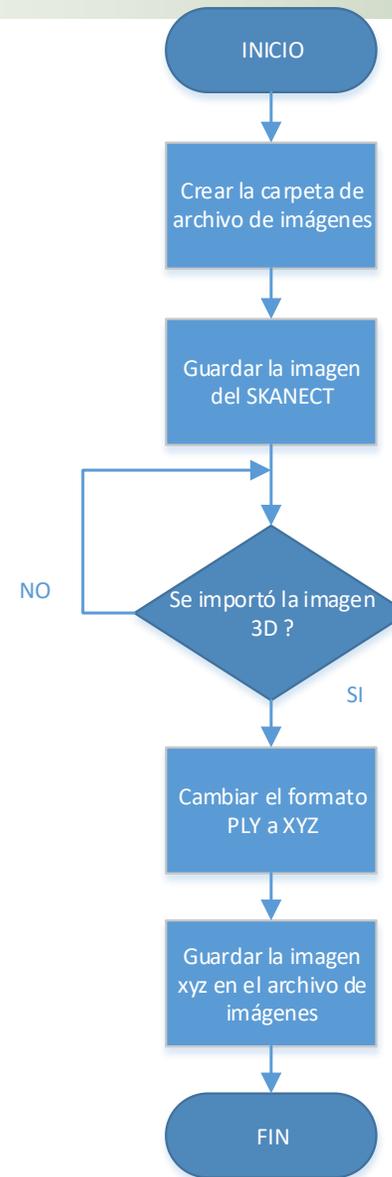
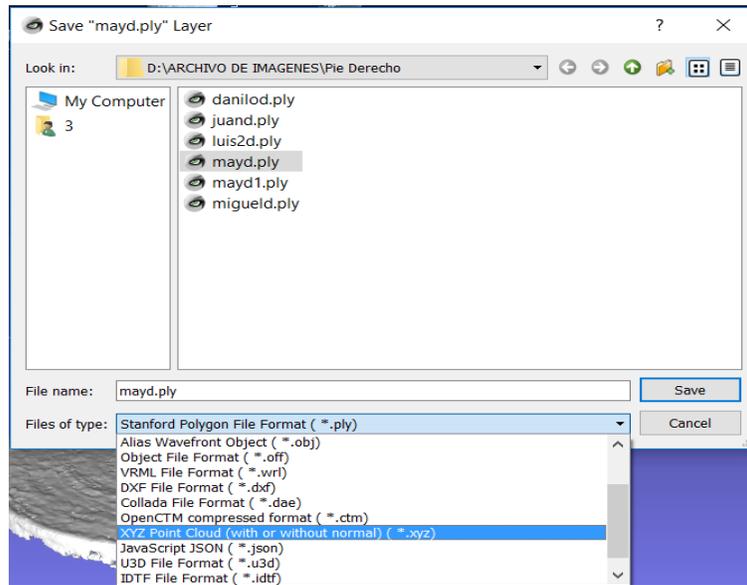
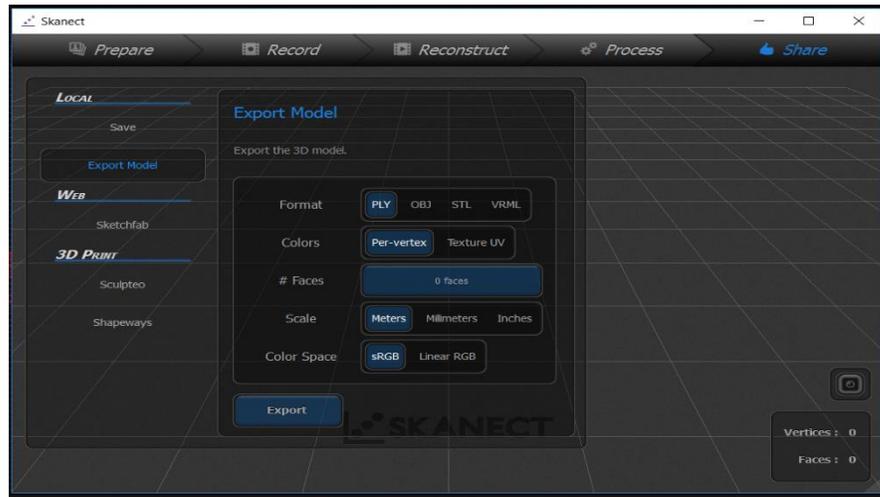
El sistema desarrollado, permite adquirir los datos de la imagen tridimensional por medio de la plataforma, la cámara Kinect y el software Skanect, posteriormente se realiza un sistema de archivo de imágenes donde se guardaran las imágenes escaneadas, seguidamente se utiliza el software MeshLab en cual nos permitirá realizar el cambio de formato de la imagen de ply a xyz, dicha imagen será guardada en el sistema de archivo de imágenes. Para el procesamiento de imágenes se usa el software Python donde se realiza recortes y orientación de la imagen, después se procede a realizar el cálculo del valgus índice que determina si el paciente padece o no la enfermedad del valgus índice, los resultados obtenidos anteriormente serán mostrados en la interfaz gráfica.



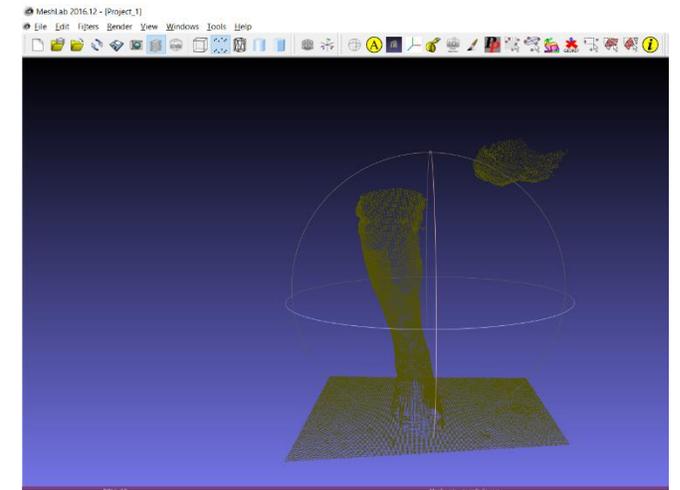
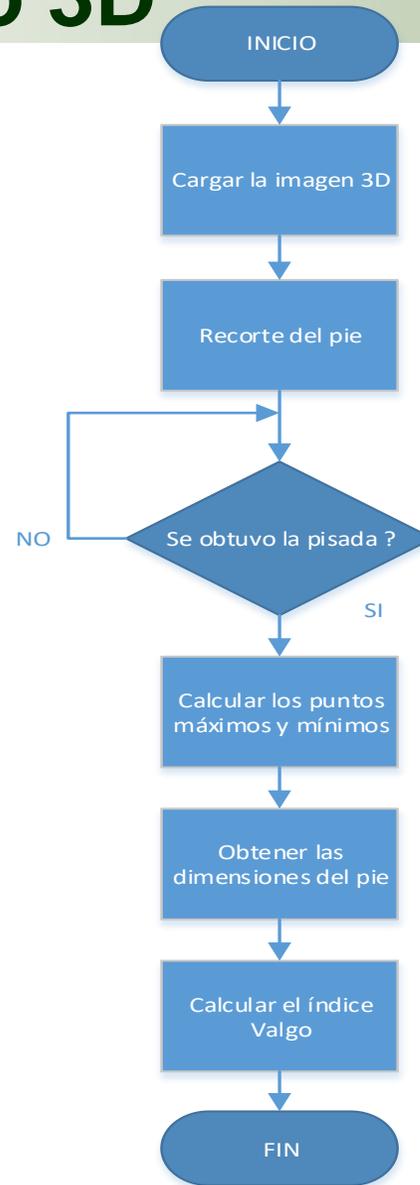
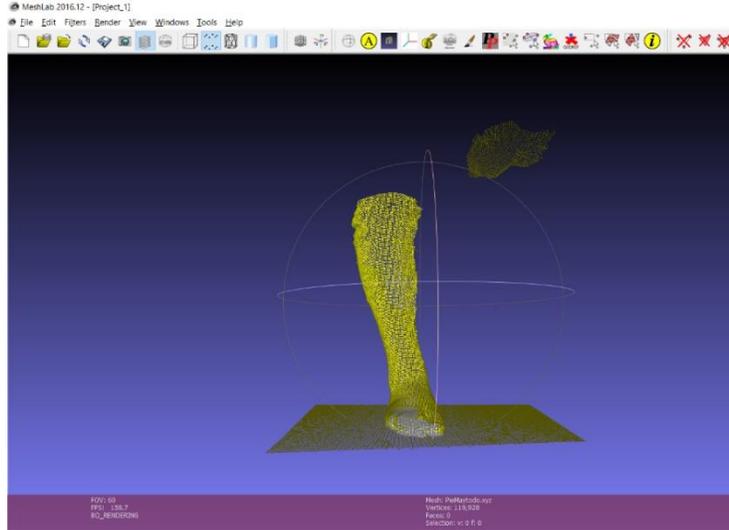
# Adquisición de Datos



# Sistema de Archivos de imágenes



# Sistema de Procesamiento 3D

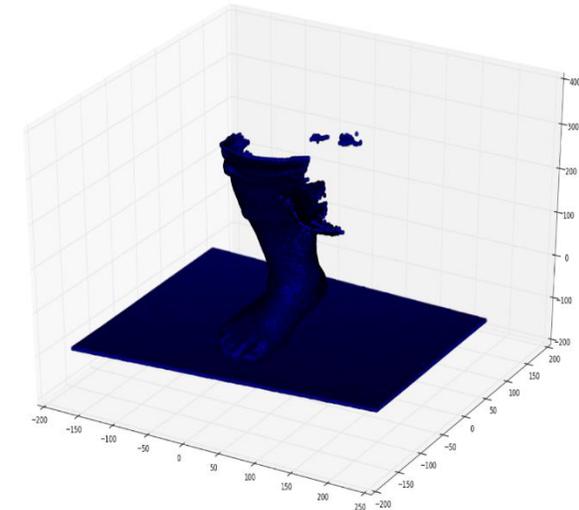


PieMaytoto: Bloc de notas

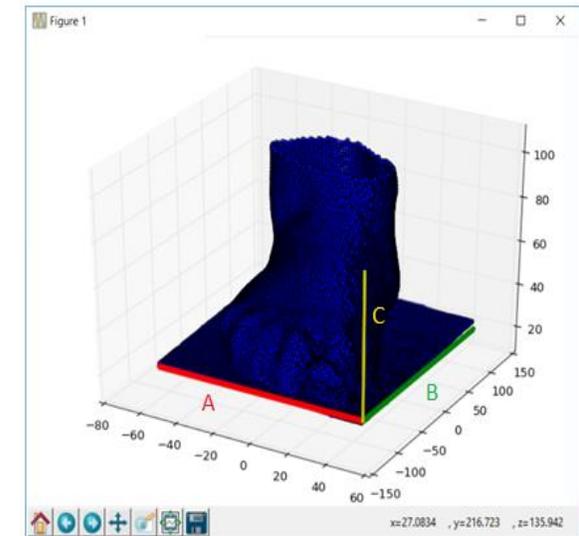
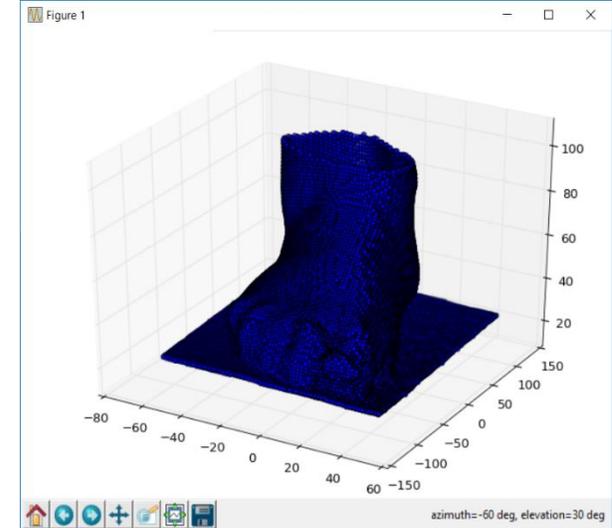
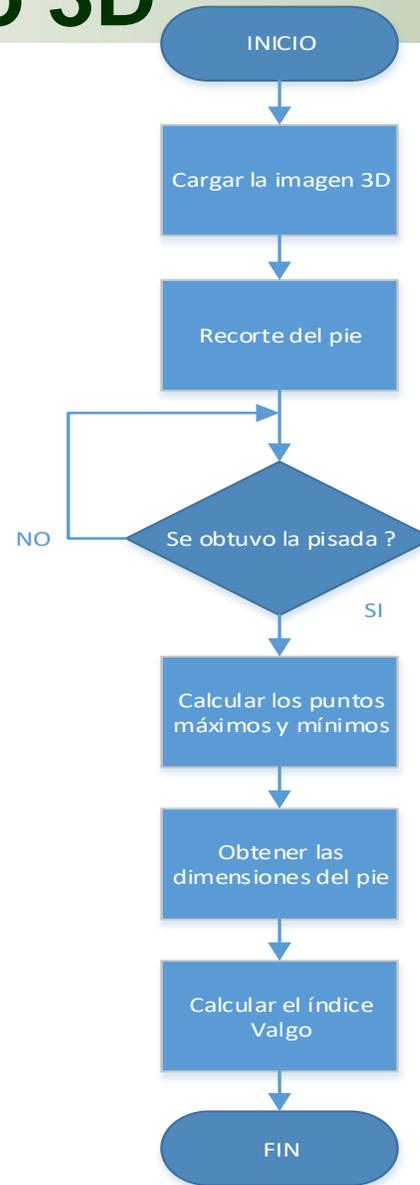
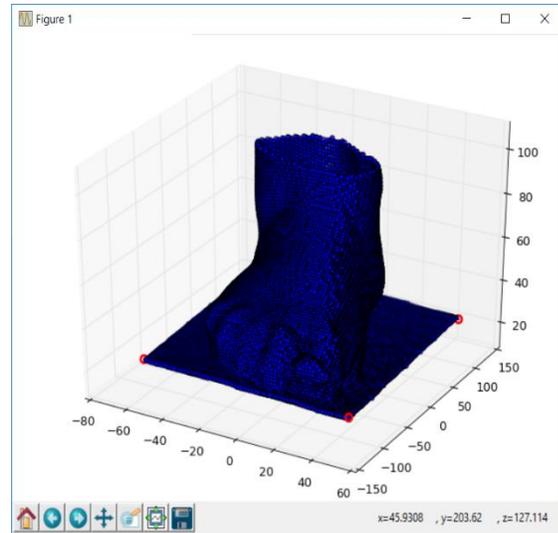
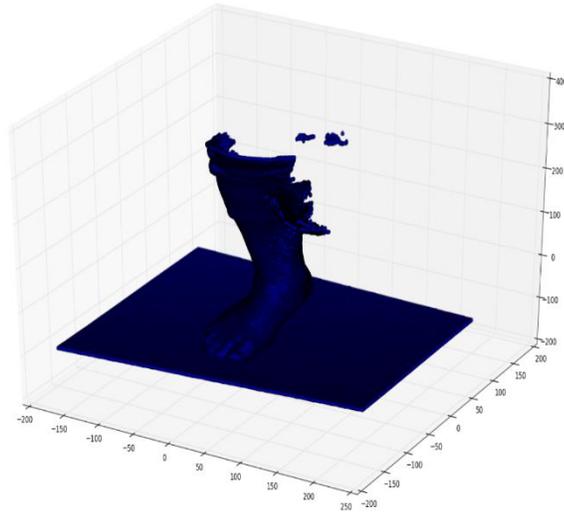
Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
197.003998	113.750000	-96.188004	0.030568	-0.101540 0.994362
195.492004	113.403999	-96.095100	0.083333	-0.095004 0.991983
197.005005	113.347000	-96.233704	0.044927	0.026394 0.998642
198.567993	113.334999	-96.240799	0.025874	0.016690 0.999526
198.567901	113.870003	-96.202183	0.044289	-0.094521 0.994537
200.132004	113.306000	-96.298183	0.040311	0.027966 0.998796
200.130997	114.113998	-96.258797	0.042013	-0.073746 0.996392
201.695999	113.261002	-96.400200	-0.035094	0.005352 0.999370
201.694000	114.303001	-96.296600	-0.067568	-0.068292 0.995375
203.253998	113.338997	-96.146202	-0.055619	-0.045651 0.997408
203.253998	113.862000	-96.117599	-0.029747	-0.015907 0.999431
204.817993	113.318001	-96.182404	0.051397	0.023150 0.998410
204.817001	113.997002	-96.136497	0.095688	-0.015396 0.995292
206.384003	113.246002	-96.363197	0.065611	0.022143 0.997599
206.384003	114.735001	-96.363602	0.086248	0.000949 0.996273
207.947006	114.873001	-96.408699	0.047140	0.014785 0.998779
207.479004	114.880997	-96.394699	0.027770	0.004130 0.999606
207.947006	113.223000	-96.403702	0.034564	0.030911 0.998924
209.511993	114.815002	-96.552101	0.037722	0.046964 0.997184
209.511002	113.192001	-96.466003	0.050073	0.032052 0.998231
211.074997	114.805000	-96.552696	0.011621	0.010972 0.999872
211.074005	113.171997	-96.495102	0.029283	0.016902 0.999428
212.636993	114.806999	-96.520103	-0.041003	-0.022049 0.998916
212.638000	113.133003	-96.581100	-0.019799	-0.003544 0.999798
214.199005	114.813004	-96.476303	0.013957	0.018881 0.999724
214.199005	113.164001	-96.464401	-0.010074	0.012100 0.999876
215.761993	114.806999	-96.466499	-0.028353	-0.063398 0.997585
215.764008	113.112999	-96.584503	0.003097	0.026052 0.999656
217.324005	114.813004	-96.420303	0.042101	-0.008353 0.999079

pie\_guardado: Bloc de notas

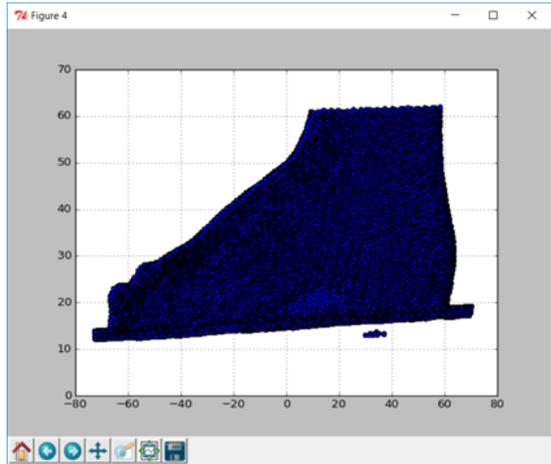
Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
197.003998	113.750000	-96.188004		
195.492004	113.403999	-96.095100		
197.005005	113.347000	-96.233704		
198.567993	113.334999	-96.240799		
198.567901	113.870003	-96.202183		
200.132004	113.306000	-96.298183		
200.130997	114.113998	-96.258797		
201.695999	113.261002	-96.400200		
201.694000	114.303001	-96.296600		
203.253998	113.338997	-96.146202		
203.253998	113.862000	-96.117599		
204.817993	113.318001	-96.182404		
204.817001	113.997002	-96.136497		
206.384003	113.246002	-96.363197		
206.384003	114.735001	-96.363602		
207.947006	114.873001	-96.408699		
207.479004	114.880997	-96.394699		
207.947006	113.223000	-96.403702		
209.511993	114.815002	-96.552101		
209.511002	113.192001	-96.466003		
211.074997	114.805000	-96.552696		
211.074005	113.171997	-96.495102		
212.636993	114.806999	-96.520103		
212.638000	113.133003	-96.581100		
214.199005	114.813004	-96.476303		
214.199005	113.164001	-96.464401		
215.761993	114.806999	-96.466499		
215.764008	113.112999	-96.584503		
217.324005	114.813004	-96.420303		



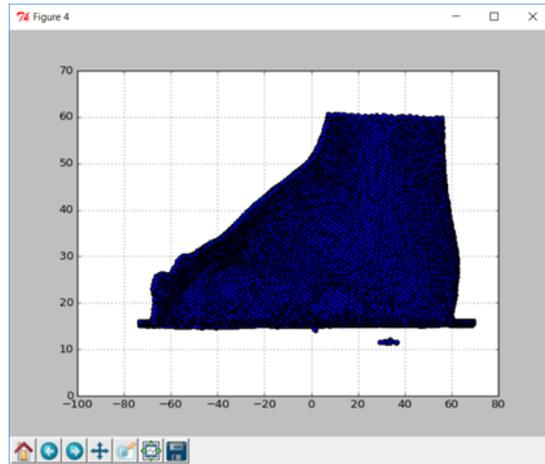
# Sistema de Procesamiento 3D



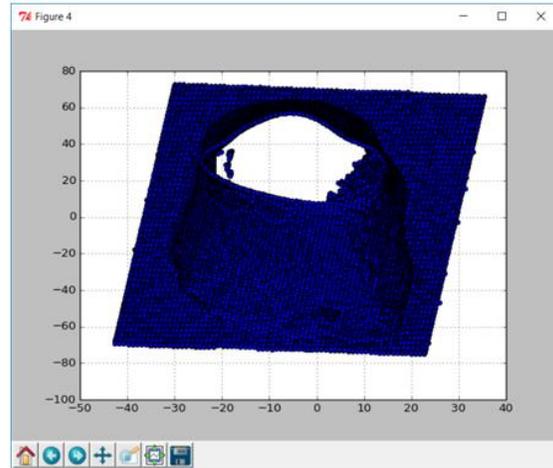
# Sistema de Procesamiento 3D



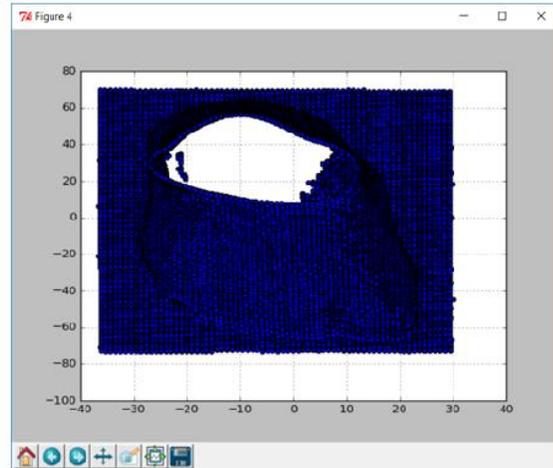
(A)



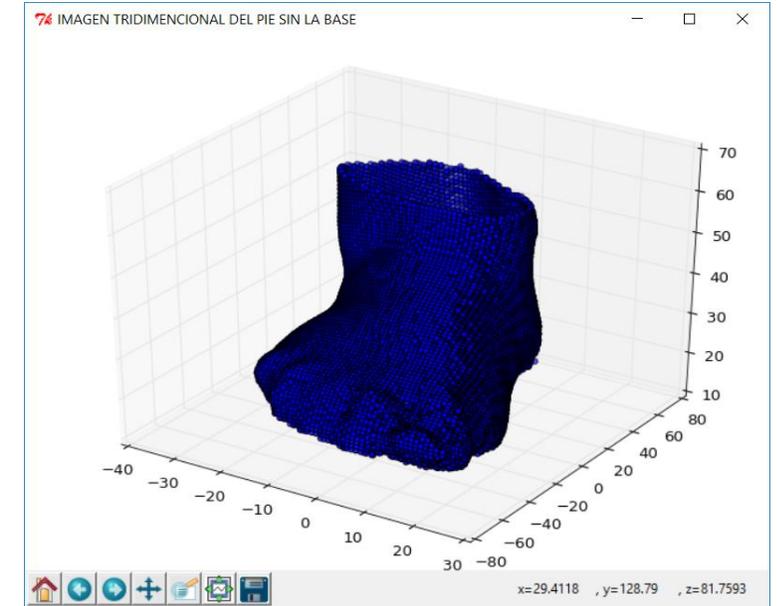
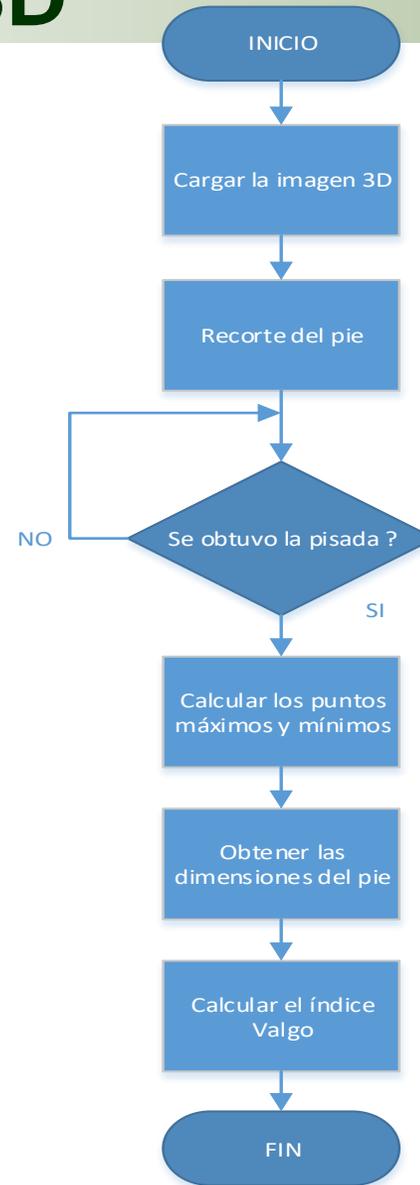
(B)



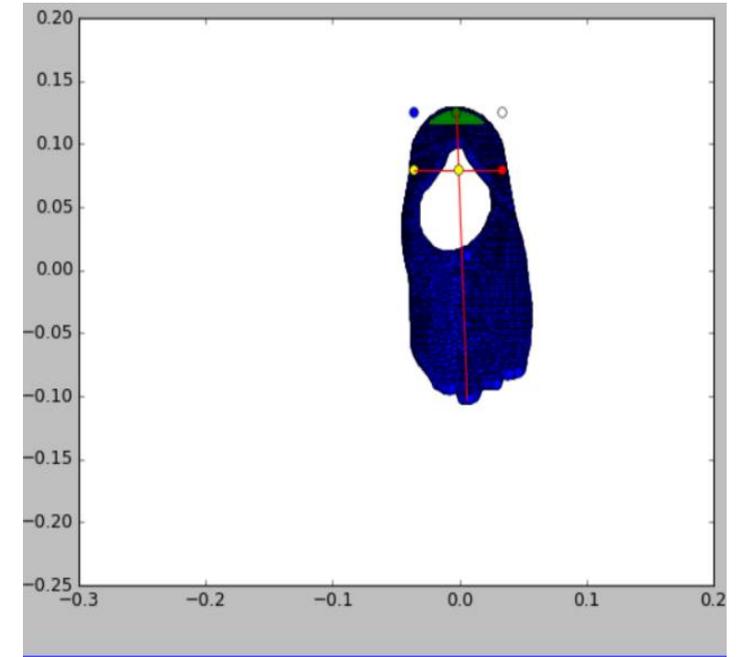
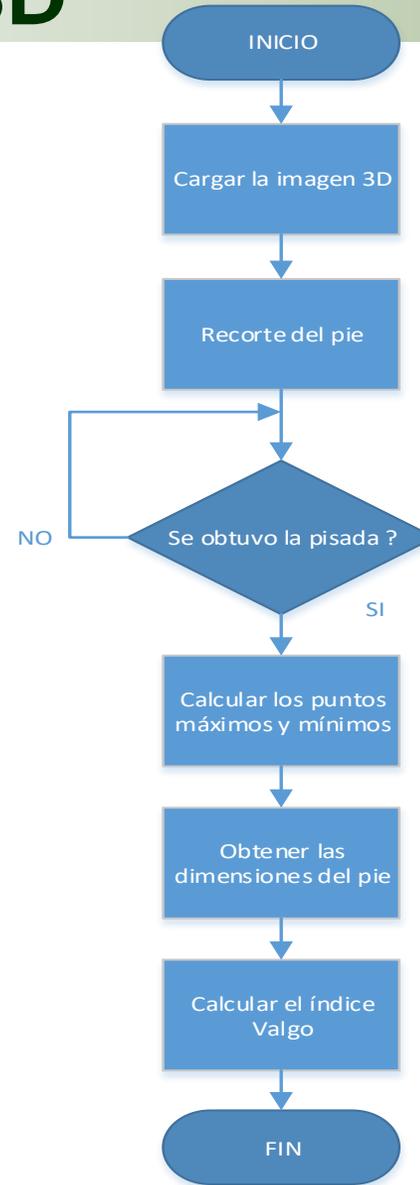
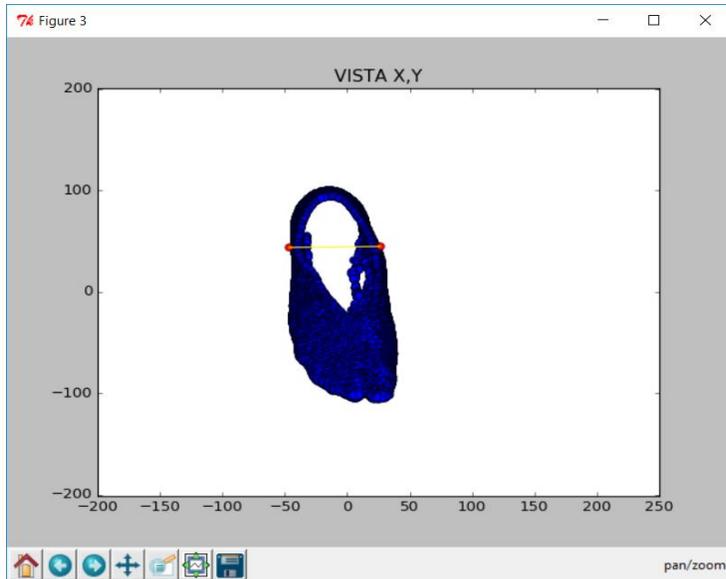
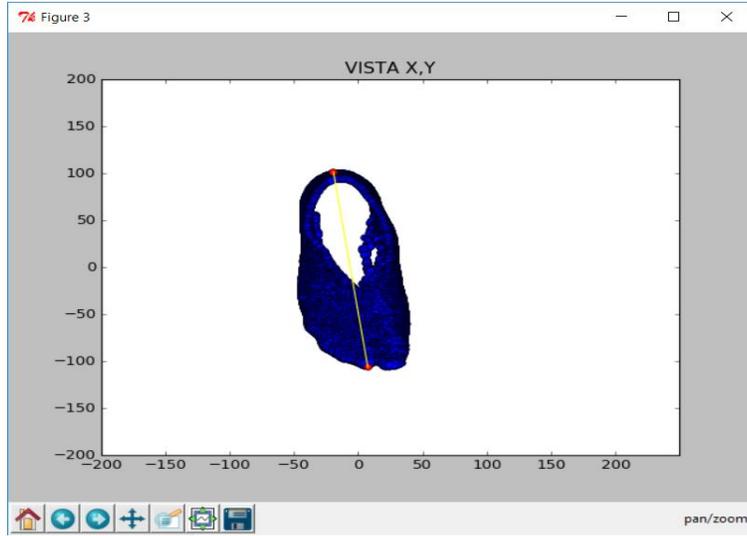
(A)



(B)



# Sistema de Procesamiento 3D

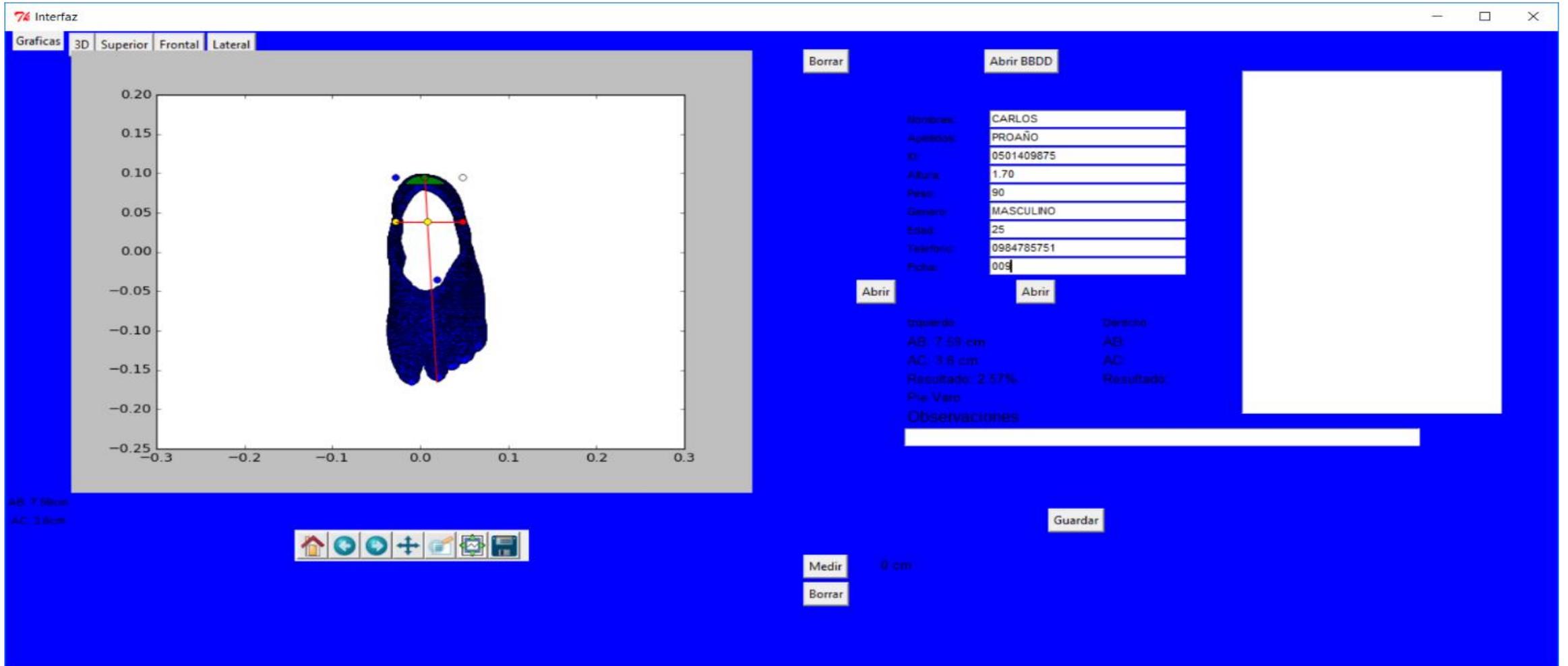


# Diseño de la Interfaz Gráfica

- La interfaz gráfica contiene una pantalla general la misma que a su vez contiene una nueva pantalla de visualización de imágenes, botones, scripts y herramientas propias del programa. En la sub-pantalla de visualización de imágenes se puede observar el pie en 2 dimensiones de forma lateral, frontal, superior y en 3D. En la pantalla general tenemos varios botones; dos botones, tanto el derecho como el izquierdo, sirven para abrir el archivo de imágenes para extraer la imagen del pie, un botón que nos permite guardar la información del paciente en la base de datos. El botón limpiar se utiliza para borrar la información de los scripts, un botón que nos permite abrir la información que se encuentra almacenada en la base de datos, dos botones los cuales se utilizan para obtener medidas del pie de forma manual y a su vez borrarla, 4 botones que se usan para observar la imagen en 2D de forma lateral, frontal, superior y en 3D. Los scripts son utilizados para introducir información, poner observaciones y observar los resultados de los pacientes.



# Diseño de la Interfaz Gráfica



# ANÁLISIS DE RESULTADOS

Valores correctos y fallidos de las pruebas realizadas para la adquisición de los datos en niños, jóvenes y adultos.

TIPOS DE PACIENTES	NÚMERO DE PACIENTE	PRUEBAS REALIZADAS	PRUEBAS FALLIDAS	PRUEBAS CORRECTAS
NIÑOS	32	64	1	63
JÓVENES Y ADULTOS	23	46	1	45
TOTAL	55	110	2	108



# ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Resultados totales de niños, jóvenes y adultos del sistema de procesamiento de imágenes 3D para la detección del valgus índice del pie derecho e izquierdo.

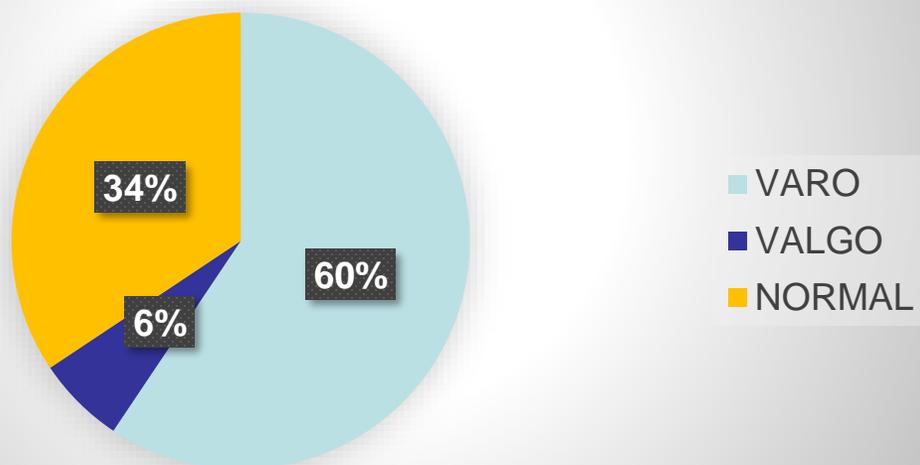
RESULTADOS TOTALES DE LA DETECCIÓN DEL VALGUS INDEX EN NIÑOS, JÓVENES Y ADULTOS					
	NIÑOS		JÓVENES Y ADULTOS		TOTAL
	PIE IZQUIERDO	PIE DERECHO	PIE IZQUIERDO	PIE DERECHO	
VARO	23	15	11	12	61
VALGO	2	2	2	1	7
NORMAL	7	15	10	10	42
TOTAL DE TODAS LAS MUESTRAS					110



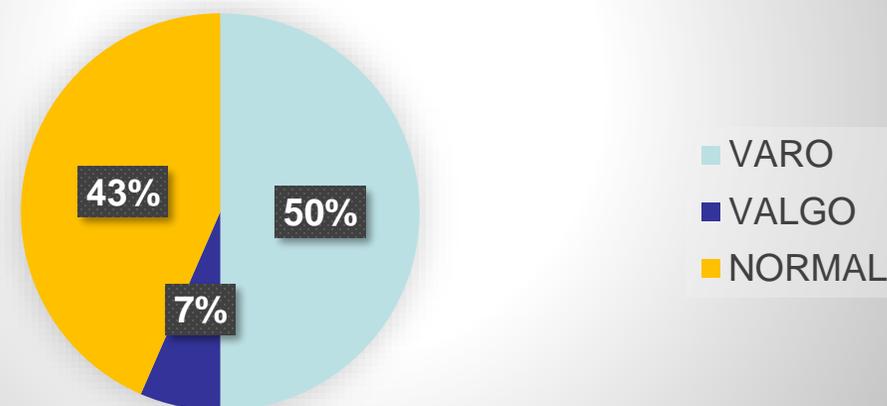
# ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Resultados totales de niños, jóvenes y adultos del sistema de procesamiento de imágenes 3D para la detección del valgus índice del pie derecho e izquierdo.

Resultados de la determinación del valgus index en niños del pie izquierdo y derecho



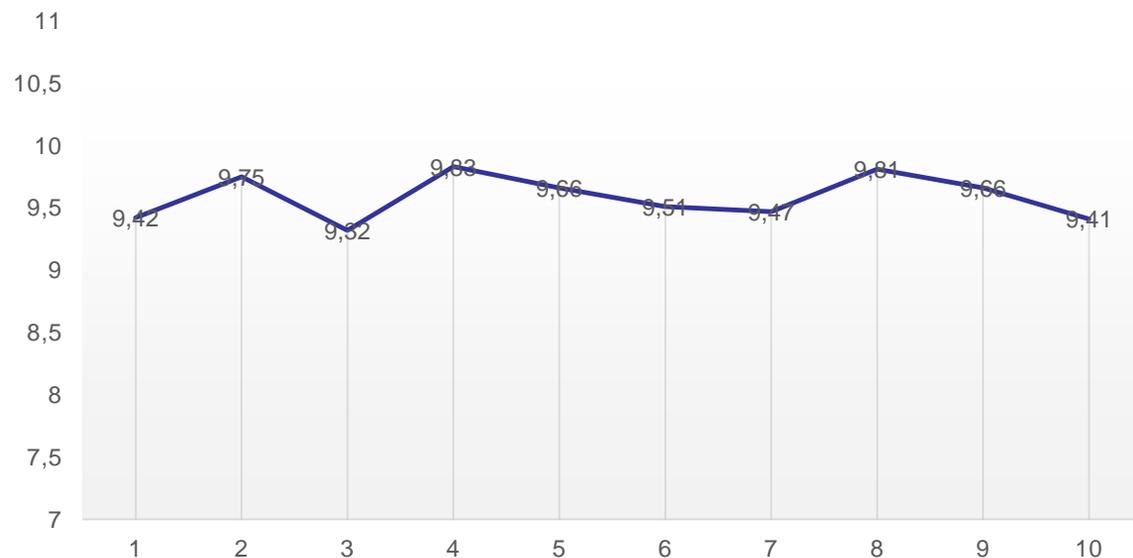
Resultados de la determinación del valgus index en jóvenes y adultos del pie izquierdo y derecho



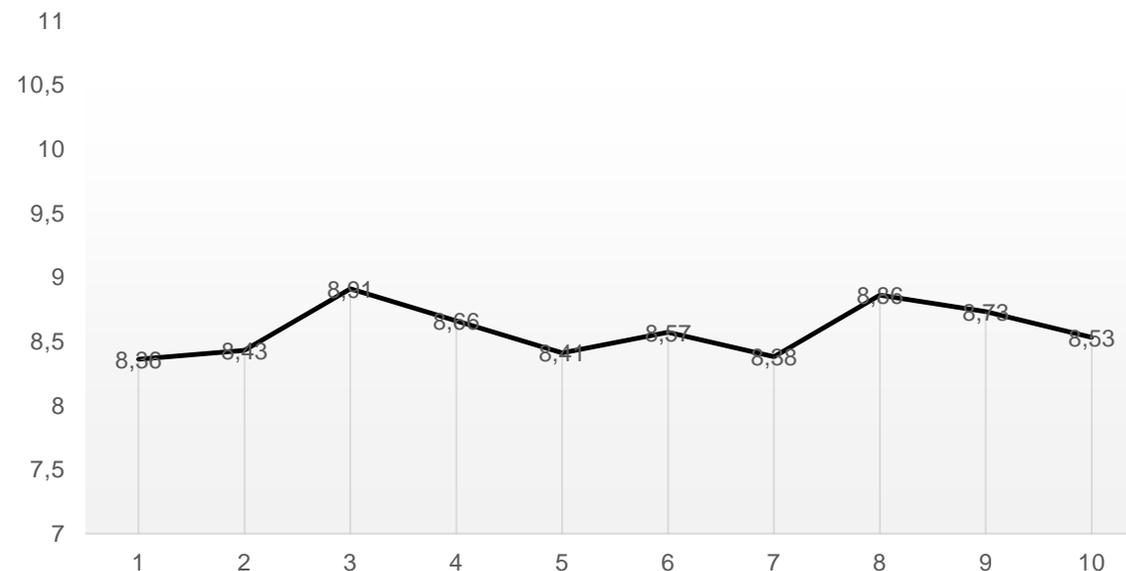
# ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Datos obtenidos por sistema de procesamiento de imágenes 3D para la detección del valgus índice en una misma persona.

Resultados del valor del valgus index del pie derecho en un paciente



Resultados del valor del valgus index del pie izquierdo en un paciente



# VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS PLANTEADA

- El presente trabajo de tesis se ha alcanzado los siguientes resultados que permiten verificar la hipótesis planteada, para lo cual se realizó una comparación de los datos obtenidos por el médico especialista y por el sistema empleado.

TIPO DE PACIENTES	DATOS EVALUADOS POR EL SISTEMA			DATOS EVALUADOS POR EL ESPECIALISTA			CERTeza DEL SISTEMA	
	CON VALGUS ÍNDEX	SIN VALGUS ÍNDEX	TOTAL	CON VALGUS ÍNDEX	SIN VALGUS ÍNDEX	TOTAL	DATOS FALLIDOS	DATOS CORRECTOS
NIÑOS	42	22	64	41	23	64	1	63
JOVENES Y ADULTOS	26	20	46	25	21	46	1	45
TOTAL	68	42	110	66	44	110	2	108



# VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS PLANTEADA

Al realizar la comparación de los datos obtenidos por el sistema y el médico especialista, se analiza que el sistema si es eficiente ya que el error es muy pequeño (1.81 %) en la determinación del valgus índice, donde se analizaron 55 personas dando un total de 110 pruebas de las cuales únicamente solo 2 fueron erradas y 108 correctas en comparación con el médico especialista, por lo que se comprueba la hipótesis aceptando que el sistema si permite determinar la existencia del valgus índice en el pie de una persona. Un sistema que tiene un error de certeza inferior al 5% es aceptable.

$$Er = \frac{Ea}{Ve} * 100\% = \frac{2}{110} * 100 \% = 1.81 \%$$



# CONCLUSIONES

- Con la implementación del proyecto se logró comprobar la hipótesis, ya que se implementó un sistema de procesamiento de imágenes tridimensionales utilizando un software libre que nos permitió determinar si las personas padecen o no de la enfermedad del valgus índice del pie humano.
- El programa realizado presenta un diagnóstico general, siendo el mismo una recomendación que se le brinda a la persona para que acuda a un médico especialista en el área, el medico será la persona que verifique el estado en que se encuentra el nivel del valgus índice del pie en el paciente.



# CONCLUSIONES

- El sistema es implementado con la finalidad de eliminar los obsoletos métodos tradicionales los cuales son molestos para el paciente y además se requiere de mucho tiempo al momento de determinar esta enfermedad; por ende el sistema de procesamiento de imágenes tridimensionales es más sencillo de realizar ya que se obtiene una imagen del paciente en 3D y se procede a trabajar con dicha imagen, por ende la presencia del paciente es requerida en un lapso de un minuto al momento de adquirir los datos.
- Los errores que se obtuvieron al momento de obtener las imágenes tridimensionales, se deben a la mala colocación del pie del paciente, al no permanecer estático al momento del escaneo por lo que se generan unas pequeñas sombras (datos erróneos) las cuales generan cálculos erróneos en el sistema de procesamiento de imágenes 3D.



# RECOMENDACIONES

- Colocar correctamente en la plataforma giratoria el pie del paciente de manera que se ubique al frente de la cámara Kinect, lo que evita que se generen pequeñas sombras en el escaneo de la imagen y por ende puedan producir datos erróneos e innecesarios en las mediciones.
- El sistema de procesamiento de imágenes tridimensionales podría ser aplicado para determinar diferentes tipos de deformaciones como son el pie plano, pie con dedos en garra, pie con juanetes, pie cavo, etc.



# RECOMENDACIONES

- Los niños a ser analizados por el sistema deben tener una edad mayor a 9 años ya que si tienen menor edad son muy activos y no permanecen estáticos, por lo que no pueden permanecer estáticos durante el tiempo que se requiere para la toma de las imágenes, produciendo así imágenes con errores.
- Al momento de analizar un nuevo paciente se recomienda borrar los datos del paciente anterior que se encuentran en la interfaz gráfica, para que no existan errores en el cálculo de la determinación del valgus índice del pie humano.



**GRACIAS**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA