



**FACULTAD DE CIENCIAS DEL TRABAJO Y  
COMPORTAMIENTO HUMANO**

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“EVALUACIÓN DE UN APLICATIVO DE ESCANER 3D PARA  
TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS”**

Autor

**DIEGO PATRICIO CASTILLO BENÍTEZ**

Director del proyecto

**Ing. PABLO DÁVILA**

Como requisitos para la obtención del título de:

**INGENIERO EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL**

Quito, agosto de 2018



## DECLARACIÓN JURAMENTADA DE AUTOR

Yo, DIEGO PATRICIO CASTILLO BENÍTEZ, con cédula de identidad 1715673123, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para obtener algún grado académico o título profesional.

Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

Es todo cuanto puedo decir en honor a la verdad

Atentamente,



.....  
Diego Patricio Castillo Benítez

C.I. 1715673123

## DECLARACIÓN FIRMADA DIRECTOR Y LECTORES

En mi carácter de tutor de la Tesis de Grado presentado por el ciudadano: *Diego Patricio Castillo Benítez*, titular de la Cédula de Identidad N° 1715673123, para optar el título de Ingeniería en Seguridad y Salud Ocupacional, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado que se designe.

En la ciudad de Quito, a los 9 días del mes de agosto del 2018

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Pablo Dávila', is written over a horizontal dashed line.

.....  
Ing. Pablo Dávila

C.I. No. 1708025877

## **DECLARATORIA DOCENTES INFORMANTES**

### **LOS DOCENTES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes:

**ESTEBAN CARRERA**

**CARLOS CARVAJAL**

Después de revisar el trabajo presentado, lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador



MSc. Esteban Carrera



MSc. Carlos Carvajal

Quito, 09 de agosto del 2018

## **DEDICATORIA**

Se lo dedico a Dios y todas las personas que han estado siempre cerca de mí. A mis Hijas por su comprensión y ayuda en los momentos difíciles, a mis Padres y hermanos que me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi empeño, mi perseverancia para conseguir mis objetivos y guiado a culminar este logro.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi asesor de tesis Ing. Pablo Dávila; por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haberme tenido toda la paciencia para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

Este nuevo logro es gran parte gracias a ustedes que he logrado concluir con éxito un proyecto que en un principio podría parecer tarea interminable, y que ahora se convierte en mi carrera profesional.

## INDICE GENERAL

DECLARACIÓN JURAMENTADA DE AUTOR .....	iii
DECLARACIÓN FIRMADA DIRECTOR Y LECTORES .....	iv
DECLARATORIA DOCENTES INFORMANTES.....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
INDICE GENERAL.....	viii
INDICE DE TABLAS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE IMAGENES .....	x
RESUMEN EN ESPAÑOL.....	xi
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 El problema de la investigación .....	1
1.1.1 Planteamiento del Problema .....	1
1.1.2 Objetivo General.....	3
1.1.3 Objetivos Específicos .....	4
1.1.4 Justificaciones .....	4
1.2 Marco teórico.....	6
1.2.1 Estado Actual de conocimiento sobre el tema .....	10
1.2.2 Hipótesis.....	21
CAPÍTULO II MÉTODO .....	22
2.1 Tipo de estudio .....	22
2.2 Modalidad de investigación .....	22
2.3 Método .....	23
2.4 Población y muestra.....	23
2.5 Selección instrumentos investigación .....	24
CAPÍTULO III RESULTADOS.....	24
3.1 Presentación y análisis de resultados .....	24
3.1.1 Análisis de resultados .....	30
CAPITULO IV. DISCUSIÓN .....	32
4.1 Conclusiones .....	32
4.2 Recomendaciones .....	32
MATERIALES DE REFERENCIA.....	34

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Componentes Internos del Kinect .....	14
<b>Tabla 2:</b> Especificaciones del sensor Kinect .....	15
<b>Tabla 3:</b> Valores de tomas del proceso manual de anchura de hombros biacromial .....	24
<b>Tabla 4:</b> Valores de tomas digitales de anchura de hombros biacromial con operador 1 y 2 en proceso 1 y 2.....	25
<b>Tabla 5:</b> diferencia entre cada par de mediciones manuales (ancho de hombros biacromia)....	25
<b>Tabla 6:</b> diferencia entre cada par de mediciones digitales Operador 1 y Modelo 1 (ancho de hombros biacromia).....	26
<b>Tabla 7:</b> diferencia entre cada par de mediciones digitales Operador 1 y Modelo2 (ancho de hombros biacromia).....	27
<b>Tabla 8:</b> diferencia entre cada par de mediciones digitales Operador 2 y Modelo 1 (ancho de hombros biacromia).....	28
<b>Tabla 9:</b> diferencia entre cada par de mediciones digitales Operador 2 y Objeto 2 (ancho de hombros biacromia).....	29
<b>Tabla 10:</b> Cálculo de error técnico de medida manual y digitales del modelo 1 operador 1 y 2	30
<b>Tabla 11:</b> Comparativo entre valores medios obtenidos .....	31
<b>Tabla 12:</b> Cálculo de error técnico de medida digitales modelo 1 y 2 con operador 1 y 2 .....	31

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Medidas Anatómicas generales .....	10
<b>Figura 2:</b> Determinación errónea de las dimensiones del cuerpo humano a partir de la estatura .....	12
<b>Figura 3:</b> Plano de Referencia .....	13
<b>Figura 4:</b> Componentes Kinect.....	14
<b>Figura 5:</b> Diagrama de bloques .....	16
<b>Figura 6:</b> Sensor de profundidad.....	17
<b>Figura 7:</b> Campo de Visión de Profundidad.....	18
<b>Figura 8:</b> Campo de Visión Horizontal y Vertical. ....	19
<b>Figura 9:</b> Reconstrucción de la malla .....	20
<b>Figura 10:</b> Software 3Ds Max .....	21
<b>Figura 11:</b> Medición de cuerpos escaneados.....	21

## INDICE DE IMAGENES

<b>Imagen 1:</b> Plataforma giratoria	35
<b>Imagen 2:</b> Antropómetro	35
<b>Imagen 3:</b> Computador	36
<b>Imagen 4:</b> Sensor Kinect	36
<b>Imagen 5:</b> Skanect	37
<b>Imagen 6:</b> Autodesk 3Ds Max	37
<b>Imagen 7:</b> Autocad 2014	38
<b>Imagen 8:</b> Anchura hombros bideltoides	38
<b>Imagen 9:</b> Longitud codo – puño	39
<b>Imagen 10:</b> Digitalización de cuerpos escaneados	39
<b>Imagen 11:</b> Anchura hombros bideltoides	40
<b>Imagen 12:</b> Anchura entre codos	40
<b>Imagen 13:</b> Longitud codo - puño	41

## RESUMEN EN ESPAÑOL

Actualmente en nuestro país no existe un aplicativo de escáner 3D para la toma de medidas antropométricas, tradicionalmente se ha levantado mediante la toma de medidas en forma directa (con antropómetros y su aplicación directa en los segmentos corporales de interés), con el desarrollo tecnológico actual, se han diseñado y construido escáneres que permiten tomar el modelo digital en tres dimensiones (3D) del cuerpo de las personas, para esto se emplean métodos fotogramétricos, los escáneres comerciales son muy costosos, en especial si hablamos de equipos que nos permitirían el levantamiento total del cuerpo humano.

En nuestro país no existe un equipo que permita realizar este trabajo. Un grupo de investigación de la UISEK conscientes de la necesidad y la dificultad por las limitaciones económicas para acceder a un equipo comercial plantean un sistema de escáner digital 3D, que a bajos costos puede llegar a escanear cuerpos humanos y así puedan generar la toma de medidas antropométricas, es allí donde se genera la necesidad de contar con un sistema de escaneo de bajo costo que sea validado para este efecto.

El presente proyecto busca obtener la precisión del método de toma de medidas antropométricas a través del método indirecto (medir en el modelo digital 3D de las personas).

**Palabras claves:** Bio-fotogrametría, escáner 3D



# CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

## 1.1 El problema de la investigación

En el Ecuador no se tiene definido el modelo antropométrico de la población, esto genera que todo diseño de ambientes, herramientas y equipos no se encuentren acordes con las medidas antropométricas de la población, provocando dificultades a las personas para el desarrollo de sus actividades de manera natural, no es lógico que las personas se adapten a los espacios, son los espacios los que se deben diseñar y construir según las necesidades y medidas de las personas.

Tradicionalmente se ha levantado las medidas antropométricas mediante la toma de medidas en forma directa (con antropómetros y su aplicación directa en los segmentos corporales de interés), con el desarrollo tecnológico actual, se han diseñado y construido escáneres que permiten tomar el modelo digital en tres dimensiones (3D) del cuerpo de las personas, para esto se emplean métodos fotogramétricos, los escáneres comerciales son muy costosos, en especial si hablamos de equipos que nos permitirían el levantamiento total del cuerpo humano. En nuestro país no existe un equipo que permita realizar este trabajo. Un grupo de investigación de la UISEK conscientes de la necesidad y la dificultad por las limitaciones económicas para acceder a un equipo comercial plantean un sistema de escáner digital 3D, que a bajos costos puede llegar a escanear cuerpos humanos y así puedan generar la toma de medidas antropométricas, es allí donde se genera la necesidad de contar con un sistema de escaneo de bajo costo que sea validado para este efecto.

### 1.1.1 Planteamiento del Problema

Para validar la precisión, se plantea comparar los valores obtenidos de las medidas levantadas por el método tradicional, con los valores obtenidos en la toma de medidas del modelo digital, la diferencia o error entre estas medidas no deberán superar el 2%. (Esparza, 1993)

#### **1.1.1.1 Diagnóstico**

En el Ecuador nadie se ha preocupado por levantar el perfil antropométrico de los habitantes, para cubrir esta necesidad se acude a datos de algunos levantamientos parciales de Colombia, Bolivia, Chile, México, y aún más en temas de diseño arquitectónico se utilizan modelos alemanes. Este problema se mantiene dado que el costo de realizar un levantamiento tradicional demanda grandes recursos (técnicos y económicos), a la fecha no existe institución pública, privada o mixta que se interese tanto en esta información que llegue al punto de plantarse cubrir el presupuesto para la ejecución de este trabajo, es así que se plantea realizar el levantamiento del modelo antropométrico mediante el uso del escáner digital.

El uso del escáner significa una pequeña pérdida de precisión, pero facilita el acceso a la información, aun más si consideramos que el modelo digital del cuerpo queda almacenado en la base de datos y nos da acceso a cualquier medida necesaria posterior.

#### **PROBLEMA CENTRAL**

El sistema de escáner digital debe ser evaluado para conocer específicamente la precisión de las medidas obtenidas, esto nos permitirá conocer las limitaciones en el uso del sistema.

#### **CAUSA**

Los limitantes en el acceso a los recursos financieros, así como, la falta de conciencia de los beneficios que entregaría a la sociedad el contar con el modelo antropométrico (diseño de espacios confortables, diseño y fabricación de ropa en tallas adecuadas a las necesidades, ahorro y reducción en el consumo de recursos que se desperdician, etc.), no ha permitido el desarrollo de la ergonomía en nuestro medio.

#### **1.1.1.2 Pronóstico**

La productividad y el confort de las personas se verán afectados positivamente cuando se logre tener el modelo antropométrico de los ecuatorianos, y éste, se utilice para el diseño y construcción de los espacios, herramientas y máquinas. Por tanto, tener una herramienta que facilite la toma de datos antropométricos aportara notablemente para el desarrollo de la construcción del modelo antropométrico del ecuatoriano.

#### **1.1.1.3 Control Pronóstico**

El presente proyecto busca obtener la precisión del método de toma de medidas antropométricos a través del método indirecto (medir en el modelo digital 3D de las personas), se utilizará como criterio de decisión el indicado en (Esparza, 1993). que corresponde a una diferencia máxima de 2% del valor real.

#### **1.1.2 Objetivo General**

Validar la precisión del aplicativo de escáner 3D, mediante la comparación de los valores obtenidos digitalmente y los valores obtenidos mediante el método tradicional, para determinar si el aplicativo es viable para la toma de medidas antropométricas.

### **1.1.3 Objetivos Específicos**

- Levantar las medidas antropométricas de los sujetos de prueba, mediante el método tradicional, para obtener los valores con los que se compararán con las medidas obtenidas del sistema digital.
- Realizar el escaneo de cuerpos humanos mediante la operación del aplicativo desarrollado por el grupo de investigadores de UISEK, para levantar las medidas antropométricas de los modelos digitales.
- Comparar las medidas del sistema digital con las medidas tradicionales, mediante un tratamiento estadístico para validar el aplicativo desarrollado.

### **1.1.4 Justificaciones**

El desarrollo de toda actividad demanda de la utilización de espacios, máquinas, herramientas, en general todo objeto debería estar adaptado o diseñado al usuario. Lamentablemente en nuestro medio no ocurre de esta manera, es el usuario quien debe adaptarse a los espacios, máquinas, herramientas, en general a todo objeto.

Esto que dé inicio no parece de gran importancia para los diseñadores y constructores, se debe a que hasta la fecha nuestra sociedad no cuenta con un estudio que defina la antropometría de los habitantes del territorio nacional de manera general.

Esto se ve crítico cuando revisamos que: los espacios de trabajo, los espacios en nuestros hogares, las maquinas, herramientas y equipos no se ajusta a las dimensiones del usuario, ya que las medidas que utilizan los diseñadores se basan en estudios europeos y/o norteamericanos, donde sus pobladores presentan características antropométricas muy distintas a las nuestras.

Es por tanto indispensable que se realice un levantamiento de las medidas antropométricas del habitante de nuestro país, más aun si tomamos en cuenta que somos

parte de un conglomerado multiétnico y por tanto se tiene la presencia de varios fenotipos y todos demandan confort en su diario vivir.

Los estudios antropométricos a partir de imágenes fotográficas y de video generalmente habían tropezado con la inexactitud y la poca precisión de los resultados, actualmente con las nuevas tecnologías la mayor parte de esos errores se han reducido notablemente, y además, los tiempos de las tomas (del trabajador o persona a medir) disminuyen de manera drástica si los comparamos con el tiempo que toma el método tradicional, además si tomamos en cuenta que el aplicativo no requiere de contacto físico entre las personas es más cómodo y permite acumular grandes volúmenes de información en tiempos razonablemente breves.

La toma de medidas de las personas constituye un esfuerzo difícil de conseguir, ya que para esto las personas deben facilitarnos su tiempo y voluntad, más aun si tomamos en cuenta que para esto debe asistir a un lugar donde se pueda realizar esta actividad, por estos motivos, la investigación plantea diseñar un sistema que permita la transmisión de datos del movimiento a fotogramas que combinadas con herramientas informáticas (Software), nos permitan desarrollar la toma de medidas en ellas.

El sistema de escaneo será de carácter transportable y a la vez deberá garantizar que los resultados obtenidos se encuentren dentro de las presiones requeridas.

De estudios revisados, se conoce que el levantamiento de datos antropométricos por métodos automatizados disminuyen en aproximadamente el 50% del tiempo requerido y los costos en 90% (Pérez Sonia, 2015), como ventaja, se necesitan menos personas en las tareas de tomas y mediciones (una persona para las tomas y otra para efectuar las mediciones sobre las pantallas del ordenador, que puede ser la misma). Las mediciones a mano continúan siendo las más fiables (los resultados

son más exactos y la precisión mucho mayor), a pesar de que exigen más trabajo, tiempo y un equipo de varias personas.

Las herramientas más comunes usadas para la toma de medidas antropométricas suelen tener, en un laboratorio especializado, un alto valor económico; esto dificulta e inclusive imposibilita el análisis académico/científico por parte de diversas instituciones interesadas en realizar estudios de medidas antropométricas. En la actualidad, el país no cuenta con muchos centros especializados; dado su alto costo de implementación y uso, así como su difícil acceso para la realización de estudios.

Por lo general, se usan cámaras de video de alta definición, cámaras optoelectrónicas, marcadores y software especializados. Las tendencias en la investigación actual referente a la toma de medidas antropométricas, se enfocan en el desarrollo de herramientas de bajo costo pero con las mismas funcionalidades, incluso eliminando del protocolo estándar algunos procesos tradicionales, tales como el uso de marcadores.

## **1.2 Marco teórico**

El término Antropometría se refiere al estudio de la medición del cuerpo humano en términos de las dimensiones del hueso, músculo, y adiposo (grasa) del tejido. La palabra antropometría se deriva de la palabra griega antropo, que significa ser humano y la palabra griega metrón, que significa medida. El campo de la antropometría abarca una variedad de medidas del cuerpo humano. El peso, la estatura (altura de pie), longitud reclinada, pliegues cutáneos, circunferencias (cabeza, la cintura, etc.), longitud de las extremidades, y anchos (hombro, muñeca, etc.) son ejemplos de medidas antropométricas (Pate, Oria, & Pillsbury., 2012)

Un método de medición antropométrico sencillo, de una forma indirecta lo propuso Drillis y Contini (1966). En este sentido, suministraron un sencillo método para

la determinación dimensional de los segmentos del cuerpo humano, basado en la obtención de un elevado número de medidas experimentales.

También se pueden realizar mediciones antropométricas de manera directa. Es directa por que se obtienen las dimensiones antropométricas directamente de la persona. No obstante, las técnicas directas requieren tanto de instrumentación apropiada, que reduzca la variabilidad introducida por el personal que efectúe los registros, como de posturas o gestos estandarizados, para poder comparar posteriormente las medidas.

La antropometría tradicional proporciona una colección más o menos extensa de dimensiones lineales, es decir, medidas de distancia entre puntos anatómicos, entre puntos y superficies de referencia (suelo, pared, entre otros), perímetros o ángulos. A partir de esos datos se puede reproducir la geometría y composición del cuerpo humano, combinando alturas, longitudes, anchuras, grosores, ángulos y perímetros. Las herramientas de la antropometría tradicional incluyen un conjunto de reglas, cintas métricas, pie de rey, lápices para señalar marcas en la piel, entre otros.

La antropometría, con fines ergonómicos, busca brindar datos antropométricos que sirvan como base para dimensionar objetos que se ajusten a las verdaderas características de los usuarios finales (Gómez Parra, (2005)).

Las dimensiones del cuerpo son de dos tipos: estructurales y funcionales. Las estructurales son de la cabeza, troncos y extremidades en posición de pie o sentado. Mientras que las funcionales o dinámicas son aquellas en donde está involucrado el movimiento realizado por el cuerpo en una actividad específica (Yáñez Mendiola, 2009.)

Las dimensiones antropométricas varían en individuos pertenecientes a diferentes etnias, periodos de tiempo, edad, sexo, etc. (Alonso, 2006.)

## **Estudios Internacionales en Sudamérica**

- **Argentina**

El profesor de historia Ricardo Salvatore ha publicado diversos artículos sobre la estatura de los argentinos en diversos períodos desde finales de la década de 1990, los cuales se extienden desde fines del siglo XVIII hasta mediados del siglo XX.

La información que utiliza proviene tanto de registros de la estatura de reclutas como de prisioneros. (Meisel R., Noviembre de 2006. )

El estudio más reciente de Salvatore analiza el comportamiento de la estatura en el noreste argentino en la primera mitad del siglo XX. La muestra establecida incluye la estatura de 7.400 reclutas provenientes de las provincias del noreste argentino entre 1916 y 1951. La conclusión primordial del estudio arroja que en esta región, en la primera mitad del siglo XX, las condiciones de salud y nutrición mejoraron, hecho que se reflejó en la estatura, con un aumento de 2,73 cm.

- **Brasil**

A la fecha no se han realizado estudios sobre antropometría histórica en Brasil, el país más poblado de América Latina. Únicamente se ha realizado un estudio sobre la estatura en el país, realizado por Gilberto Kac y Ricardo Ventura Santos.

El estudio es realizado sobre los reclutas de la marina brasileña nacidos entre 1970 y 1977. (Gilberto Kac y Ricardo Ventura Santos, 1997)

El principal resultado de Kac y Ventura Santos es que la estatura de este grupo aumentó en 0,2 cm por año para los reclutas y 0,3 cm para los voluntarios.

También encontraron que entre mayor es el grado de escolaridad mayor es la estatura. Asimismo, encontraron que las regiones con menor desarrollo económico (Norte y Nordeste) son las de menor estatura, mientras las más prósperas (Centroccidente y Sureste) son las más altas. (Meisel R., Noviembre de 2006. )

- **Colombia**

En 1991 los investigadores Antonio Ordóñez y Doris Polanía realizaron uno de los primeros estudios sobre estatura en América Latina. La investigación se enfocaba en el comportamiento temporal de la estatura de los colombianos nacidos entre 1910 y 1970. Para lograrlo, tomaron una muestra aleatoria con información de la estatura establecida en la cédula de ciudadanía. La muestra tenía 14.103 observaciones (5.839 mujeres y 8.264 hombres). Esos resultados se publicaron en 1992 en el ensayo “Cambios de estatura en Colombia durante el presente siglo”. (Meisel R., Noviembre de 2006. )

El estudio tuvo tres conclusiones principales. La primera es que la estatura promedio de los colombianos, al momento de hacer el análisis por década, aumentó en forma sostenida para los nacidos entre 1910 y 1970. Las mujeres tuvieron un aumento de 8,7 cm y los hombres de 7,0 cm aproximadamente.

La segunda conclusión explica que el aumento de la estatura no fue en la misma proporción en todas las regiones. Mientras que en Antioquia el aumento en la estatura femenina fue de 12,0 cm, en Tolima-Huila el aumento fue únicamente de 4,0 cm.

Finalmente, la tercera conclusión es que debido al crecimiento favorable en la economía y las mejoras en la salud que se vieron desde la década de 1940, el crecimiento del gasto público en salud en las décadas de 1960 y 1970, y la extensión de la medicina preventiva, la estatura de la población tuvo un aumento próspero.

En 1992, los investigadores Antoni Ordóñez y Doris Polanía, junto a Gustavo Ramírez, realizaron otra investigación acerca de la estatura de los colombianos, utilizando como fuente de información la Encuesta Nacional de Hogares de diciembre de 1991, realizada por el Departamento Nacional de Estadística (DANE), y una

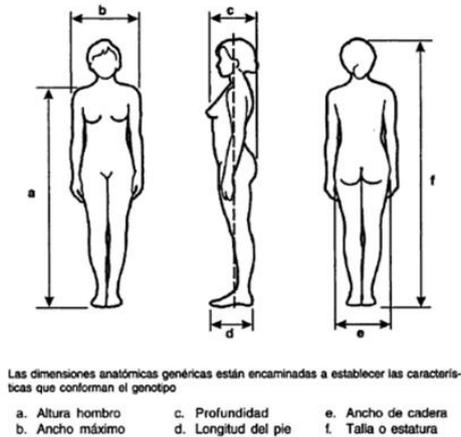
medición directa de jóvenes entre 18 y 28 años realizada en colegios y universidades de Bogotá (1.452 hombres y 1.362 mujeres). (Antonio Ordóñez y Doris Polanía, 1992)

### **1.2.1 Estado Actual de conocimiento sobre el tema**

Son diversas las tecnologías existentes para la captación de las dimensiones antropométricas y la forma en que se pueden obtener los datos antropométricos. Estos últimos se pueden adquirir en diversos formatos: unidimensionales (1D), bidimensionales (2D) y tridimensionales (3D). Los datos 1D consisten en estaturas, longitudes y perímetros de segmentos corporales. Permiten establecer el tamaño del cuerpo humano, pero no la forma. Los datos 2D consisten en siluetas o secciones corporales; son contornos formados por curvas o puntos (x, y). La antropometría 3D está formada por nubes de puntos con coordenadas (x, y, z) que representan la superficie del cuerpo. Un ejemplo son los escaneados 3D del cuerpo, formados por nubes de puntos que suelen contener entre 20.000 y 300.000 puntos. La adquisición, el tratamiento y análisis de los datos aumenta considerablemente en complejidad desde los datos 1D a los datos 3D (Vicente, 2015).

Los estudios antropométricos sirven para manejar patrones dentro de una muestra en un sujeto, estos patrones serán identificados para realizar diferentes estudios dependiendo el campo de aplicación que se esté buscando.

*Figura 1: Medidas Anatómicas generales*



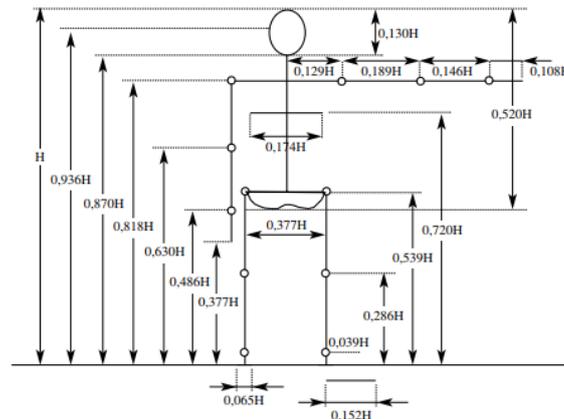
**Fuente:** J. Alberto Cruz G., Andrés Garnica G. *Principios de Ergonomía*

"La antropometría es un método y debe ser tratado como tal, un medio para un fin y no un fin en sí mismo". Cada medición debe ser seleccionada para proveer una cantidad específica de información dentro del contexto del estudio diseñado. Por ello, "ninguna batería de mediciones aislada cumplirá con las necesidades de cada estudio".

La conclusión es que no es aceptable tomar mediciones por las mediciones en sí mismas; no tiene sentido tomar un extenso número de mediciones, simplemente porque se tiene la oportunidad de hacerlo.

El acotamiento corporal es el que permite apreciar tres dimensiones al hombre, tanto en sus partes como en su conjunto (Figura 1). Esta medición antropométrica se realiza en cada individuo de un grupo muestral de la población en el estudio; los resultados de las mediciones son ordenados en las tabulaciones y desarrollados en histogramas biométricos. El grupo en el estudio tiene características propias y diferentes a los grupos aledaños y como está en continua evolución, sufre cambios con la época en que se realice la investigación. Esto hace obligatoria la aplicación inmediata de los resultados del estudio para el momento, lugar geográfico y grupo en observación; de lo contrario, los parámetros conseguidos perderán vigencia de utilización.

**Figura 2:** Determinación errónea de las dimensiones del cuerpo humano a partir de la estatura



**Fuente:** Pedro R. Mondelo, Enrique Gregori Torada, Pedro Barrau Bombardo. *Ergonomía I Fundamentos. Tercera edición.*

### 1.2.1.1 Medidas Antropométricas

Algunas de las normas relativas al diseño antropométrico de puestos de trabajo, tanto desde el punto de vista de Ergonomía como de Seguridad, y que contienen especificaciones y definiciones son:

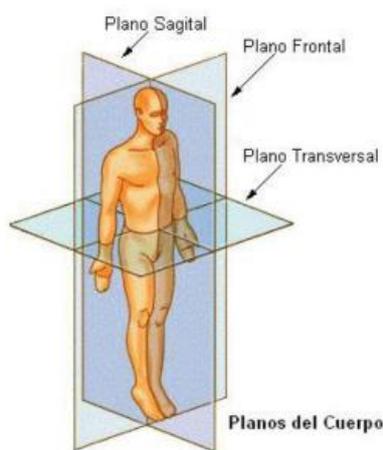
- ✓ ISO 15534-3:2000. Diseño ergonómico para la seguridad de las máquinas. Parte 3: Datos Antropométricos.
- ✓ UNE-EN ISO 7250:2010. Medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico.
- ✓ UNE-EN ISO 14738:2010. Seguridad de las máquinas. Requisitos antropométricos para el diseño de puestos de trabajo asociados a máquinas.
- ✓ UNE-EN 547-1:97+A1:2008. Seguridad de las máquinas – Medidas del cuerpo humano Parte1: Principios para la determinación del paso de todo el cuerpo en las máquinas.
- ✓ UNE-EN 547-1:97+A1:2008. Seguridad de las máquinas – Medidas del cuerpo humano Parte 2: Principios para la determinación de las dimensiones requeridas para las aberturas de acceso.

- ✓ UNE-EN 547-1:97+A1:2008. Seguridad de las máquinas – Medidas del cuerpo humano Parte 3: Datos Antropométricos. (Carmona Benjumea, 2003)

### ***Plano de referencia***

El plano de referencia son aquellas superficies planas imaginarias que atraviesan las partes del cuerpo y que se emplean como referencia para hacer las respectivas mediciones.

***Figura 3: Plano de Referencia***



***Fuente: (Norton y Olds, 2000)***

## **1.2.1.2 Captura de movimiento y aplicación**

### **1.2.1.2.1 Sensor Kinect**

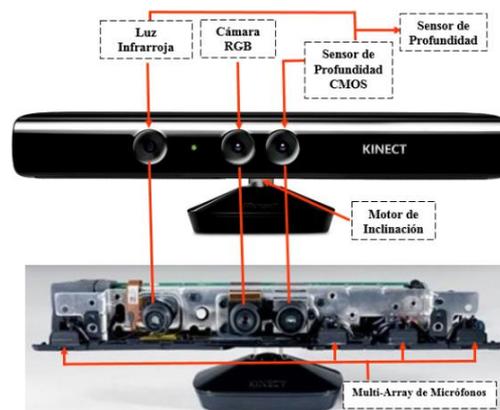
Es un dispositivo controlador para videojuegos que permite a los usuarios controlar e interactuar con la consola o PC sin la necesidad de ningún periférico adicional mediante la interfaz que capta y reconoce gestos humanos, voz e imágenes. Es por ello que es muy adecuado para desarrollar aplicaciones en educación, deporte, salud, etc.

En el ámbito es un dispositivo que podrá ser utilizado en múltiples situaciones debidas que no es invasivo.

El sensor Kinect fue presentado por primera vez en junio de 2009 con el nombre de “Project Natal”, pero fue el 13 de junio del 2010, que se difundió comercialmente con el nombre que se lo conoce actualmente. Desde junio de 2011 está disponible para PC a través de Windows 7 y Windows 8, permitiendo a los usuarios interactuar con el computador sin necesidad de tener contacto físico.

#### 1.2.1.2.2 Componentes

En la **figura 4**, se muestra los componentes del sensor Kinect desde la perspectiva del usuario e interior del sistema.



**Figura 4:** Componentes Kinect

*Fuente: MSDN*

Se ha desarrollado una descripción de los componentes internos se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Componentes Internos del Kinect

COMPONENTES	DESCRIPCIÓN
<b>Ventilador</b>	Permite regular la temperatura en el dispositivo y evitar que algún componente de calor.
<b>Acelerómetro</b>	Ayuda a la estabilidad de las imágenes cuando el sensor Kinect se mueve.
<b>Cámara Color RGB</b>	Permite capturar movimiento y manipular la imagen.
<b>Multi-Array de Micrófonos</b>	Conjunto de cuatro micrófonos que permiten capturar audio. Están colocados estratégicamente para la eliminación de eco y ruido ambiental
<b>Sensor de profundidad</b>	Compuesto de dos partes, un proyector de rayos infrarrojos, que medio de un diodo láser permite obtener un patrón de puntos sobre la superficie que se encuentra frente al sensor y un sensor CMOS monocromático, que genera la información de profundidad a partir de una comparación realizada internamente entre la un patrón capturado con un patrón original. La combinación de los dos elementos que conforman el sensor de profundidad permite realizar el seguimiento del cuerpo humano.
<b>Motor de Inclinación</b>	Permite el movimiento del sensor.
<b>Chip PRIMESENSE PS1080</b>	Sirve para reconstruir las imágenes 3D de las escenas que se presentan frente al sensor Kinect. Este chip trabaja en conjunto con el proyector de infrarrojo y el sensor de profundidad.
<b>Memoria RAM</b>	Esta equipado con una memoria RAM de 512 Mb

*Por: Autor*

### 1.2.1.2.3 Especificaciones técnicas

A continuación se detalla las especificaciones del sensor Kinect

*Tabla 2: Especificaciones del sensor Kinect*

Kinect	Especificaciones
Ángulo de visión	Ángulo de visión Campo de visión de 43° Vertical por 57° Horizontal
Rango de inclinación vertical	±27°
Velocidad de fotogramas (profundidad y color)	30 fotogramas por segundo (FPS)
Formato de audio	16 -kHz, 24 -bit (PCM)
Características de entrada de audio	Matriz de cuatro micrófonos con convertidor analógico a digital de 24 bits (ADC) y procesamiento de señales Kinect-residente incluyendo cancelación de eco acústico y supresión de ruido
Características del acelerómetro	Acelerómetro de 2G/4G/8G configurado para un rango de 2G, con precisión de 1° de límite superior

*Fuente: MSDN*

#### 1.2.1.2.4 Diagrama de bloques

Para el presente prototipo se detalla el diagrama de bloques que se muestra en la figura 5.



*Figura 5: Diagrama de bloques*

**Por:** Autor

#### 1.2.1.2.5 Funcionamiento del sensor Kinect

Para comprender el funcionamiento que el sensor Kinect realiza al momento de registrar imágenes se explica a continuación el funcionamiento de la cámara RGB y del Sensor de Profundidad:

- Cámara RGB.- El funcionamiento es igual al de las cámaras digitales convencionales, en el que una luz atraviesa un lente que la conduce a un filtro para que pueda ser separada en colores primarios, los mismos que son proyectados a un sensor fotosensible que genera una señal eléctrica en función de la intensidad de la señal. Esta señal, mediante un ADC, es convertida en digital, que puede ser almacenada.
- Sensor de Profundidad.- el sensor emite una constelación de puntos de una luz que es invisible para el ojo humano, cercana en el espectro a los

infrarrojos, de esa manera se encuentra el tiempo que tarda la luz en volver al sensor tras reflejarse en los objetos (véase figura 6). Finalmente con ésta información y sabiendo la velocidad de la luz se puede tener la distancia a la cual se encuentran los objetos. El sensor Kinect es capaz de distinguir la profundidad de los objetos con diferencias de un centímetro, mientras que la altura y ancho con diferencias de tres milímetros.



*Figura 6: Sensor de profundidad*

*Fuente: (Microsoft, s.f)*

Con los datos obtenidos Kinect es capaz de ejecutar filtros para identificar si la imagen que se encuentra en frente se trata de una persona, utilizando directrices que se basan en el reconocimiento de la cabeza, dos piernas y dos brazos, que permite diferenciar la imagen en estudio del resto que se encuentran a su alrededor como sillas, mesa, sofás, etc.

La información resultante se ordena y se traduce en la identificación de un esqueleto. Kinect tiene precargadas más de 200 posiciones comunes del ser humano por lo que en caso de que alguna acción tape alguna parte del esqueleto a la cámara, Kinect llenará el vacío automáticamente (Ilvay Taday, 2014).

El proceso es continuamente realizado por el sistema a una velocidad de 30 fps (frames por segundo), considerando una ubicación de dos metros para que pueda ser reconocida la imagen.

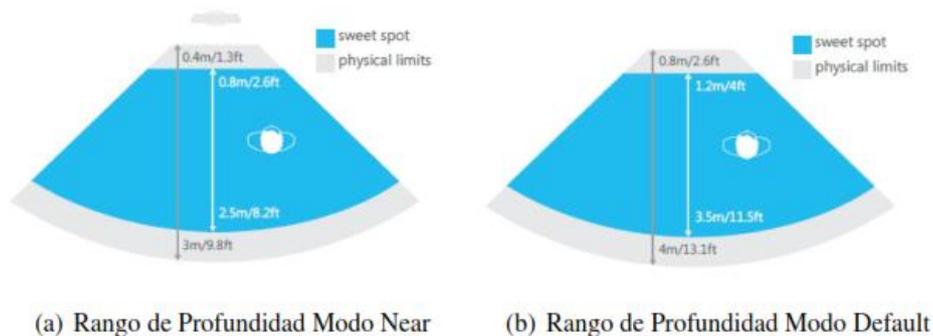
#### 1.2.1.2.6 Campo de Visión del Sensor Kinect

Kinect puede llegar a distinguir la profundidad de cada objeto con diferencias de 1 centímetro y su altura y anchura con diferencias de tres milímetros. El hardware de Kinect está compuesto por la cámara y el proyector de luz infrarroja, añadido al firmware y a un procesador que utiliza algoritmos para procesar las imágenes tridimensionales.

El campo de visión del sensor Kinect depende los datos de profundidad, color esqueletos.

- Visión de Profundidad.- se considera los puntos de Limitaciones Físicas (0.4m a 3m) que corresponde a las capacidades reales del sensor en lo que respecta al área de captura y los Puntos Dulces (0.8m a 2.5m) que son las zonas de captura óptimas sin que se encuentren ciertas extremidades del cuerpo fuera del área de captura.

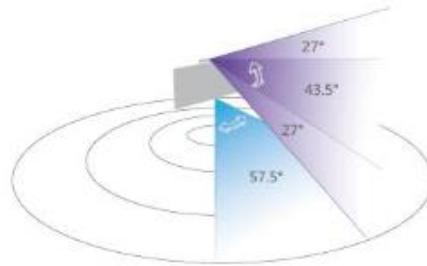
En la Figura 7 se puede apreciar de manera gráfica los rangos de visión de profundidad.



**Figura 7:** Campo de Visión de Profundidad.

*Fuente: Rodríguez Estévez (2013)*

- **Visión Vertical y Horizontal.**- En el modo de rango por defecto, Kinect puede ver a la gente de pie entre 0,8 metros (2,6 pies) y 4,0 metros (13,1 pies) de distancia; los usuarios tendrán que ser capaces de utilizar sus brazos a esa distancia, lo que sugiere un rango práctico de 1.2 a 3.5 metros (ver Figura 8).



*Figura 8: Campo de Visión Horizontal y Vertical.*

*Fuente: Rodríguez Estévez (2013)*

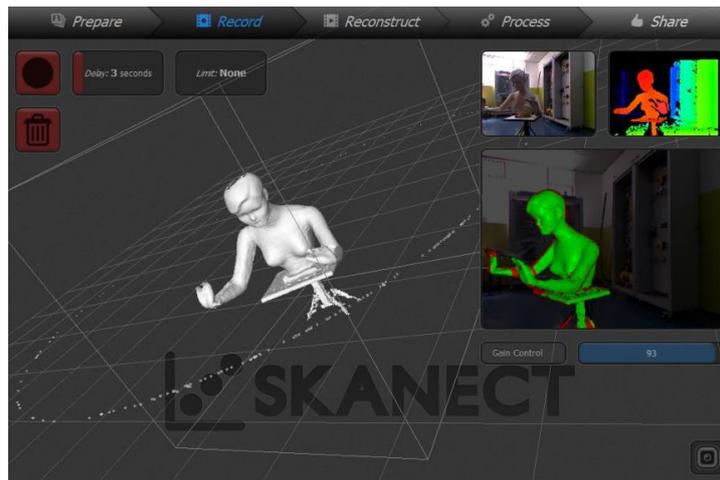
#### **1.2.1.2.7 Software Controlador del Sensor Kinect**

Se utilizó un sensor óptico 3D Kinect de Microsoft a manera de escáner 3D, apoyándose en el programa computacional de uso libre Skanect para capturar la información para desarrollar los modelos tridimensionales del cuerpo humano.

El escaneo objetos siendo muy fiel a la realidad, además también permite escáner el objeto en color. Su uso es muy sencillo, se debe colocar la cámara en una posición estática y colocar a la persona sobre una plataforma que vaya girando, es importante que el movimiento sea lento y uniforme ya que en caso contrario se obtendrá una figura deforme.

La cámara irá escaneando el objeto y el software Skanect captura la información para desarrollar los modelos tridimensionales. Después de probar este software se observa

que si se desea utilizar la figura resultante para añadirla al esqueleto, se debe obtener la versión PRO del programa (de pago) ya que permite exportar la figura con más resolución, con la versión gratuita la resolución es demasiado baja para poder crear el avatar.



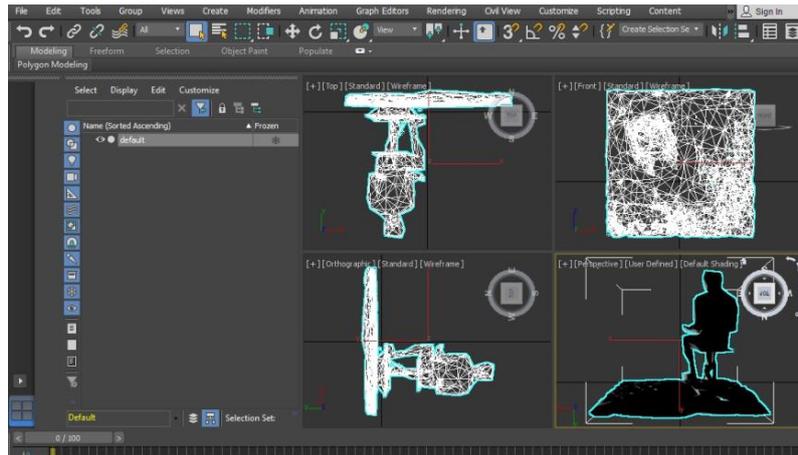
*Figura 9: Reconstrucción de la malla*

*Por: Autor*

#### **1.2.1.2.8 Importación y Exportación de objetos**

Para el estudio se utilizó el programa Autodesk 3Ds Max de creación de gráficos y animación 3D de los más utilizados. Se utiliza principalmente para el desarrollo de videojuego aunque también para el desarrollo de anuncios y películas.

Tiene gran cantidad de opciones para la animación 3D. Este software es de pago aunque dispone de una versión gratuita se decide utilizar 3Ds Max ya que dispone de muchas opciones de edición necesarias para importar en extensión (obj), y exportar con extensiones (dwg).



*Figura 10: Software 3Ds Max*

*Por: Autor*

### 1.2.1.2.9 Software para el pos procesado

Para el pos procesado y mediciones digitales se empleó del Software Autocad 2014 que nos ayuda a realizar tomas de medida de los cuerpos escaneados en 3D.



*Figura 11: Medición de cuerpos escaneados*

*Por: Autor*

## 1.2.2 Hipótesis

La toma de medidas antropométrica de manera manual genera pérdida de recursos al no tener un sistema informático que pueda validar medidas antropométricas mediante un aplicativo de escaneo 3D.

## CAPÍTULO II MÉTODO

### 2.1 Tipo de estudio

Este trabajo se desarrollara en las siguientes fases:

- ✓ Operación manual directa (tomas de datos antropométricos por el método tradicional),
- ✓ Captura de datos digitales (escaneo de los cuerpos de las personas que forman la muestra de nuestro estudio)
- ✓ Procesamiento de datos digitales (tomar los modelos digitales 3D de los cuerpos humanos y levantar las medidas antropométricas que se definan para el trabajo)
- ✓ Analizar la precisión alcanzada al comparar las medidas de forma tradicional (manual) con las medidas tomadas de los modelos digitales 3D de los cuerpos escaneados.

Por lo expuesto nuestro estudio corresponde a un estudio comparativo entre dos formas de tomar medidas antropométricas.

### 2.2 Modalidad de investigación

Este proyecto de investigación se orienta a la definición de las ventajas de aplicar la bio-fotogrametría para la toma de datos antropométricos, también se busca definir la precisión del método de escaneo de cuerpos humanos mediante el uso del sensor Kinect 360., se utilizó el programa computacional de uso libre Skanect para la capturar la información para desarrollar los modelos tridimensionales, y la toma de medidas mediante procesos digitales, lo cual será de gran utilidad para la generación del perfil antropométrico de cualquier población.

## 2.3 Método

Método deductivo, ya que partiremos desde la toma de medidas de cada cuerpo escaneado para comparar con los datos levantados manualmente, esto se empleara para definir la precisión del método en general.

## 2.4 Población y muestra

En este caso no se tiene una población, utilizaremos criterios estadísticos para el análisis, es así, que vamos a comparar una serie de datos tomados por procesos manuales contra una serie de datos tomados por procesos digitales, y estos valores obtenidos se comparan con métodos estadísticos. Para valorar las medidas antropométricas manuales y digitales se aplicó el Error técnico de Medida (E.T.M) (Esparza, 1993), donde:

El número de pares (n) estará en función del número de mediciones (m), siendo

$$n = \sum_{1}^{m-1} m .$$

Elevamos al cuadrado esas diferencias, hacemos la suma de las diferencia al cuadrado, dividimos el resultado entre el doble del número de pares, realizamos la raíz cuadrada de este último resultado, con ello obtenemos el Error técnico de Medida (E.T.M), para valorar de forma real el error que hemos cometido debemos hacer E.T.M. relativo a la magnitud de la medida que hemos tomado. Para ello, utilizamos como referencia la media de todos los valores que hemos obtenido según la fórmula:

$$\% \text{ E.T.M} = 100 * \left( \frac{\text{E.T.M}}{\bar{X}} \right)$$

## 2.5 Selección instrumentos investigación

La investigación consiste en seleccionar y hacer un análisis detallado de todos los elementos de Software y Hardware que van a formar parte del sistema. Los elementos del Hardware son: Sensor Kinect de XBOX 360, computadora, plataforma manual, adaptador de corriente para Kinect de Xbox 360. Los elementos de Software seleccionados son: Skanect, 3D MAX, y el programa Autocad 2014.

# CAPÍTULO III RESULTADOS

## 3.1 Presentación y análisis de resultados

A continuación, se presentan los datos obtenidos durante el estudio comparativo entre las dos formas de tomar medidas antropométricas en el laboratorio de higiene de la UISEK durante los meses de junio y julio del 2018.

Para la validación de la precisión de resultados se realizó diez medidas del ancho de hombro biacromial para la medición de forma manual con un experto en este método, y para la toma de medidas del proceso digitales se realizó con dos operadores.

*Tabla 3: Valores de tomas del proceso manual de anchura de hombros biacromial*

Número de tomas	PROCESO MANUAL
Toma 1	356
Toma 2	355
Toma 3	361
Toma 4	356
Toma 5	352
Toma 6	358
Toma 7	354
Toma 8	353
Toma 9	355
Toma 10	357
<b>MEDIA</b>	<b>356</b>

*Por: Autor*

**Tabla 4:** Valores de tomas digitales de anchura de hombros biacromial con operador 1 y 2 en proceso 1 y 2

Medida Antropométrica:	ANCHO DE HOMBROS BIACROMIAL (mm)			
Número de tomas	PROCESO DIGITAL MODELO 1 OPERADOR 1	PROCESO DIGITAL MODELO 1 OPERADOR 2	PROCESO DIGITAL MODELO 2 OPERADOR 1	PROCESO DIGITAL MODELO 2 OPERADOR 2
Toma 1	352	363	351	348
Toma 2	348	367	358	401
Toma 3	359	372	339	402
Toma 4	345	360	352	391
Toma 5	354	366	340	403
Toma 6	350	367	347	392
Toma 7	340	374	340	392
Toma 8	369	363	352	401
Toma 9	367	367	340	403
Toma 10	357	363	350	392
<b>MEDIA</b>	<b>354</b>	<b>366</b>	<b>347</b>	<b>393</b>

*Por: Autor*

**Tabla 5:** diferencia entre cada par de mediciones manuales (ancho de hombros biacromial)

		DIFERENCIA ENTRE CADA PAR DE MEDICIONES									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		356	355	361	356	352	358	354	353	355	357
1	356	0	1	-5	0	4	-2	2	3	1	-1
2	355	-1	0	-6	-1	3	-3	1	2	0	-2
3	361	5	6	0	5	9	3	7	8	6	4
4	356	0	1	-5	0	4	-2	2	3	1	-1
5	352	-4	-3	-9	-4	0	-6	-2	-1	-3	-5
6	358	2	3	-3	2	6	0	4	5	3	1
7	354	-2	-1	-7	-2	2	-4	0	1	-1	-3
8	353	-3	-2	-8	-3	1	-5	-1	0	-2	-4
9	355	-1	0	-6	-1	3	-3	1	2	0	-2
10	357	1	2	-4	1	5	-1	3	4	2	0

CUADRADO DE LAS DIFERENCIAS										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,00	1,00	25,00	0,00	16,00	4,00	4,00	9,00	1,00	1,00
2	1,00	0,00	36,00	1,00	9,00	9,00	1,00	4,00	0,00	4,00
3	25,00	36,00	0,00	25,00	81,00	9,00	49,00	64,00	36,00	16,00
4	0,00	1,00	25,00	0,00	16,00	4,00	4,00	9,00	1,00	1,00
5	16,00	9,00	81,00	16,00	0,00	36,00	4,00	1,00	9,00	25,00
6	4,00	9,00	9,00	4,00	36,00	0,00	16,00	25,00	9,00	1,00
7	4,00	1,00	49,00	4,00	4,00	16,00	0,00	1,00	1,00	9,00
8	9,00	4,00	64,00	9,00	1,00	25,00	1,00	0,00	4,00	16,00
9	1,00	0,00	36,00	1,00	9,00	9,00	1,00	4,00	0,00	4,00
10	1,00	4,00	16,00	1,00	25,00	1,00	9,00	16,00	4,00	0,00
SUMATORIA	61,00	64,00	280,00	35,00	75,00	51,00	11,00	20,00	4,00	

*Por: Autor*

**Tabla 6:** diferencia entre cada par de mediciones digitales Operador 1 y Modelo 1 (ancho de hombros biacromial)

		DIFERENCIA ENTRE CADA PAR DE MEDICIONES									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		352	348	359	338	354	350	336	369	367	357
1	352	0	4	-7	14	-2	2	16	-17	-15	-5
2	348	-4	0	-11	10	-6	-2	12	-21	-19	-9
3	359	7	11	0	21	5	9	23	-10	-8	2
4	338	-14	-10	-21	0	-16	-12	2	-31	-29	-19
5	354	2	6	-5	16	0	4	18	-15	-13	-3
6	350	-2	2	-9	12	-4	0	14	-19	-17	-7
7	336	-16	-12	-23	-2	-18	-14	0	-33	-31	-21
8	369	17	21	10	31	15	19	33	0	2	12
9	367	15	19	8	29	13	17	31	-2	0	10
10	357	5	9	-2	19	3	7	21	-12	-10	0

CUADRADO DE LAS DIFERENCIAS										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,00	16,00	49,00	196,00	4,00	4,00	256,00	289,00	225,00	25,00
2	16,00	0,00	121,00	100,00	36,00	4,00	144,00	441,00	361,00	81,00
3	49,00	121,00	0,00	441,00	25,00	81,00	529,00	100,00	64,00	4,00
4	196,00	100,00	441,00	0,00	256,00	144,00	4,00	961,00	841,00	361,00
5	4,00	36,00	25,00	256,00	0,00	16,00	324,00	225,00	169,00	9,00
6	4,00	4,00	81,00	144,00	16,00	0,00	196,00	361,00	289,00	49,00
7	256,00	144,00	529,00	4,00	324,00	196,00	0,00	1089,00	961,00	441,00
8	289,00	441,00	100,00	961,00	225,00	361,00	1089,00	0,00	4,00	144,00
9	225,00	361,00	64,00	841,00	169,00	289,00	961,00	4,00	0,00	100,00
10	25,00	81,00	4,00	361,00	9,00	49,00	441,00	144,00	100,00	0,00
<b>SUMATORIA</b>	<b>1064,00</b>	<b>1288,00</b>	<b>1244,00</b>	<b>2567,00</b>	<b>743,00</b>	<b>895,00</b>	<b>2491,00</b>	<b>148,00</b>	<b>100,00</b>	

*Por: Autor*

*Tabla 7: diferencia entre cada par de mediciones digitales Operador 1 y Modelo2 (ancho de hombros biacromial)*

		DIFERENCIA ENTRE CADA PAR DE MEDICIONES									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		351	358	339	352	340	347	340	352	340	350
1	351	0	-7	12	-1	11	4	11	-1	11	1
2	358	7	0	19	6	18	11	18	6	18	8
3	339	-12	-19	0	-13	-1	-8	-1	-13	-1	-11
4	352	1	-6	13	0	12	5	12	0	12	2
5	340	-11	-18	1	-12	0	-7	0	-12	0	-10
6	347	-4	-11	8	-5	7	0	7	-5	7	-3
7	340	-11	-18	1	-12	0	-7	0	-12	0	-10
8	352	1	-6	13	0	12	5	12	0	12	2
9	340	-11	-18	1	-12	0	-7	0	-12	0	-10
10	350	-1	-8	11	-2	10	3	10	-2	10	0

CUADRADO DE LAS DIFERENCIAS										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,00	49,00	144,00	1,00	121,00	16,00	121,00	1,00	121,00	1,00
2	49,00	0,00	361,00	36,00	324,00	121,00	324,00	36,00	324,00	64,00
3	144,00	361,00	0,00	169,00	1,00	64,00	1,00	169,00	1,00	121,00
4	1,00	36,00	169,00	0,00	144,00	25,00	144,00	0,00	144,00	4,00
5	121,00	324,00	1,00	144,00	0,00	49,00	0,00	144,00	0,00	100,00
6	16,00	121,00	64,00	25,00	49,00	0,00	49,00	25,00	49,00	9,00
7	121,00	324,00	1,00	144,00	0,00	49,00	0,00	144,00	0,00	100,00
8	1,00	36,00	169,00	0,00	144,00	25,00	144,00	0,00	144,00	4,00
9	121,00	324,00	1,00	144,00	0,00	49,00	0,00	144,00	0,00	100,00
10	1,00	64,00	121,00	4,00	100,00	9,00	100,00	4,00	100,00	0,00
<b>SUMATORIA</b>	<b>575,00</b>	<b>1590,00</b>	<b>526,00</b>	<b>461,00</b>	<b>293,00</b>	<b>132,00</b>	<b>244,00</b>	<b>148,00</b>	<b>100,00</b>	

*Por: Autor*

*Tabla 8: diferencia entre cada par de mediciones digitales Operador 2 y Modelo 1 (ancho de hombros biacromial)*

		DIFERENCIA ENTRE CADA PAR DE MEDICIONES									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		363	367	372	360	366	367	374	363	367	363
1	363	0	-3,9	-9	2,2	-3,5	-3,9	-11,7	0	-3,9	-0,2
2	367	3,9	0	-5,1	6,1	0,4	0	-7,8	3,9	0	3,7
3	372	9	5,1	0	11,2	5,5	5,1	-2,7	9	5,1	8,8
4	360	-2,2	-6,1	-11,2	0	-5,7	-6,1	-13,9	-2,2	-6,1	-2,4
5	366	3,5	-0,4	-5,5	5,7	0	-0,4	-8,2	3,5	-0,4	3,3
6	367	3,9	0	-5,1	6,1	0,4	0	-7,8	3,9	0	3,7
7	374	11,7	7,8	2,7	13,9	8,2	7,8	0	11,7	7,8	11,5
8	363	0	-3,9	-9	2,2	-3,5	-3,9	-11,7	0	-3,9	-0,2
9	367	3,9	0	-5,1	6,1	0,4	0	-7,8	3,9	0	3,7
10	363	0,2	-3,7	-8,8	2,4	-3,3	-3,7	-11,5	0,2	-3,7	0

CUADRADO DE LAS DIFERENCIAS										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,00	15,21	81,00	4,84	12,25	15,21	136,89	0,00	15,21	0,04
2	15,21	0,00	26,01	37,21	0,16	0,00	60,84	15,21	0,00	13,69
3	81,00	26,01	0,00	125,44	30,25	26,01	7,29	81,00	26,01	77,44
4	4,84	37,21	125,44	0,00	32,49	37,21	193,21	4,84	37,21	5,76
5	12,25	0,16	30,25	32,49	0,00	0,16	67,24	12,25	0,16	10,89
6	15,21	0,00	26,01	37,21	0,16	0,00	60,84	15,21	0,00	13,69
7	136,89	60,84	7,29	193,21	67,24	60,84	0,00	136,89	60,84	132,25
8	0,00	15,21	81,00	4,84	12,25	15,21	136,89	0,00	15,21	0,04
9	15,21	0,00	26,01	37,21	0,16	0,00	60,84	15,21	0,00	13,69
10	0,04	13,69	77,44	5,76	10,89	13,69	132,25	0,04	13,69	0,00
<b>SUMATORIA</b>	<b>280,65</b>	<b>153,12</b>	<b>373,44</b>	<b>310,72</b>	<b>90,70</b>	<b>89,74</b>	<b>329,98</b>	<b>15,25</b>	<b>13,69</b>	

*Por: Autor*

*Tabla 9: diferencia entre cada par de mediciones digitales Operador 2 y Objeto 2 (ancho de hombros biacromial)*

		DIFERENCIA ENTRE CADA PAR DE MEDICIONES									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		348	401	402	391	403	392	392	401	403	392
1	348	0	-53,3	-54,1	-42,6	-54,6	-44,4	-44,4	-52,6	-55,2	-44,4
2	401	53,3	0	-0,8	10,7	-1,3	8,9	8,9	0,7	-1,9	8,9
3	402	54,1	0,8	0	11,5	-0,5	9,7	9,7	1,5	-1,1	9,7
4	391	42,6	-10,7	-11,5	0	-12	-1,8	-1,8	-10	-12,6	-1,8
5	403	54,6	1,3	0,5	12	0	10,2	10,2	2	-0,6	10,2
6	392	44,4	-8,9	-9,7	1,8	-10,2	0	0	-8,2	-10,8	0
7	392	44,4	-8,9	-9,7	1,8	-10,2	0	0	-8,2	-10,8	0
8	401	52,6	-0,7	-1,5	10	-2	8,2	8,2	0	-2,6	8,2
9	403	55,2	1,9	1,1	12,6	0,6	10,8	10,8	2,6	0	10,8
10	392	44,4	-8,9	-9,7	1,8	-10,2	0	0	-8,2	-10,8	0

CUADRADO DE LAS DIFERENCIAS										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,00	2840,89	2926,81	1814,76	2981,16	1971,36	1971,36	2766,76	3047,04	1971,36
2	2840,89	0,00	0,64	114,49	1,69	79,21	79,21	0,49	3,61	79,21
3	2926,81	0,64	0,00	132,25	0,25	94,09	94,09	2,25	1,21	94,09
4	1814,76	114,49	132,25	0,00	144,00	3,24	3,24	100,00	158,76	3,24
5	2981,16	1,69	0,25	144,00	0,00	104,04	104,04	4,00	0,36	104,04
6	1971,36	79,21	94,09	3,24	104,04	0,00	0,00	67,24	116,64	0,00
7	1971,36	79,21	94,09	3,24	104,04	0,00	0,00	67,24	116,64	0,00
8	2766,76	0,49	2,25	100,00	4,00	67,24	67,24	0,00	6,76	67,24
9	3047,04	3,61	1,21	158,76	0,36	116,64	116,64	6,76	0,00	116,64
10	1971,36	79,21	94,09	3,24	104,04	0,00	0,00	67,24	116,64	0,00
<b>SUMATORIA</b>	<b>22291,50</b>	<b>358,55</b>	<b>418,23</b>	<b>412,48</b>	<b>316,48</b>	<b>183,88</b>	<b>183,88</b>	<b>74,00</b>	<b>116,64</b>	

*Por: Autor*

### 3.1.1 Análisis de resultados

A continuación, se realizó el cálculo del error técnico de medida para evidenciar la precisión obtenida por proceso manual y digital, y de esta manera concluir si existe o no diferencia significativa entre las mediciones.

*Tabla 10: Cálculo de error técnico de medida manual y digitales del modelo 1 operador 1 y 2*

<b>ANCHO DE HOMBROS BIACROMIAL</b>			
	<b>PROCESO MANUAL</b>	<b>PROCESO DIGITAL MODELO 1 OPERADOR 1</b>	<b>PROCESO DIGITAL MODELO 1 OPERADOR 2</b>
<b><math>\Sigma d^2</math></b>	601	7609	1657
<b>2n</b>	20	20	20
<b>E.T.M (mm)</b>	1	4	2
<b>% E.T.M</b>	0,34%	1,23%	0,56%

*Por: Autor*

*Tabla 11: Comparativo entre valores medios obtenidos*

	<b>PROMEDIO</b>	<b>DIFERENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>PROCESO MANUAL</b>	356		
<b>PROCESO DIGITAL MODELO 1 OPERADOR 1</b>	354	2,0	0,56%
<b>PROCESO DIGITAL MODELO 1 OPERADOR 2</b>	366	10,0	2,81%

*Por: Autor*

*Tabla 12: Cálculo de error técnico de medida digitales modelo 1 y 2 con operador 1 y 2*

<b>ANCHO DE HOMBROS BIACROMIAL</b>				
	<b>PROCESO DIGITAL MODELO 1 OPERADOR 1</b>	<b>PROCESO DIGITAL MODELO 1 OPERADOR 2</b>	<b>PROCESO DIGITAL MODELO 2 OPERADOR 1</b>	<b>PROCESO DIGITAL MODELO 2 OPERADOR 2</b>
<b><math>\Sigma d^2</math></b>	7609	1657	4069	244
<b>2n</b>	20	20	20	20
<b>E.T.M (mm)</b>	4	2	3	1
<b>% E.T.M</b>	1,23%	0,56%	0,92%	0,20%

*Por: Autor*

El error técnico máximo de medida está en 1.23%, y por el otro extremo esta el 0.20%

## CAPITULO IV. DISCUSIÓN

### 4.1 Conclusiones

El método de toma de medidas antropométrica tradicional (manual) es la más precisa hasta hoy conocida.

El uso combinado de la tecnología hardware y software es de gran ayuda para el proceso de levantamiento antropométrico de forma digital.

Al comparar las medidas obtenidas del proceso manual y del proceso digital del modelo 1 con operador 1, observamos que las diferencias de medidas es de 1,6 mm con el 0,45% de error.

Con respecto al proceso manual y el proceso digital del modelo 1 y operador 2, las diferencia de medidas es de 10.3 mm con el 2.89% de error.

El método de escáner digital no presenta variación significativa en escala y precisión al variar las distancia entre el escáner y el objeto (profundidad).

A partir de la adquisición de datos de ambos grupos muestrales se comprobó que la información obtenida con el sensor Kinect cumple con los supuestos de error menor al 2% con lo que se resuelve que el uso del sensor Kinect en el proceso de medición es confiable, pese a los errores ocasionados por los factores de iluminación, operadores de toma de medidas digitales, vestuario de los sujetos de medición.

### 4.2 Recomendaciones

- Al cambiar el método de manera manual a digital, planteamos disminuir recursos como el tiempo, costos, y el 1% de precisión que se pierde por este método será contrastado con la ganancia que representa el disminuir tiempos, costos y molestias a las personas objetas de estudio.

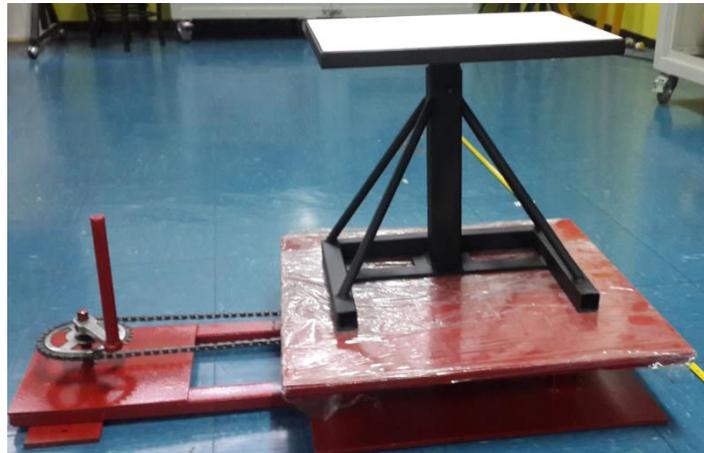
- Para una adecuada toma de medidas antropométrica de forma digital se recomienda el adiestramiento sobre medidas básicas del cuerpo humano.
- Dotar de inmovilizadores para garantizar que las personas no se muevan
- El usuario debe utilizar ropa ceñida al cuerpo para mejores resultados
- Mejorar en la plataforma mecánica
- Desarrollar un manual del método que estandarice sus procesos de escaneo y medición para garantizar la calidad de los resultados que se obtenga.
- Analizar costos para implantación del sistema desarrollado
- Crear un espacio adecuado para realizar las mediciones antropométricas digitales.

## MATERIALES DE REFERENCIA

- Alonso, A. (2006.). *Ergonomía, La Habana, Cuba*.
- Antonio Ordóñez y Doris Polanía. (1992). “Cambios en la estatura en Colombia en el presente siglo”.
- Esparza, F. (. (1993). *Manual de Cineantropométrica*. . Pamplona: (GREC) FEMEDE.
- Gilberto Kacy Ricardo Ventura Santos. (1997). “Secular Trend in Height in Enlisted Men and Recruits from the Brazilian Navy Born from 19170 to 1977”, *Cad. Saude Publ.*, . Rio de Janeiro, 13(3).
- Gómez Parra, M. ((2005)). *Sistemas de medición antropométrica para posturas sedentes (modelo funcional)*.
- Ilvay Taday, R. B. ((2014). ). *Sistema de educación para niños de 3 a 5 años, mediante un robot controlado por el sensor kinect*.
- J. Jean, K. H. (2012). *Hacks series*. .
- M.Á., V. Q. ((2015).). *Desarrollo de un sistema de captura de siluetas en Android*.
- M.Á., V. Q. ((2015).). *Desarrollo de un sistema de captura de siluetas en Android. Proyecto Final de Carrera, Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación*.
- Meisel R., A. y. (2006. ). *Los orígenes de la antropometría histórica y su estado actual*. 18, . Cartagena de Indias : s.n.
- Meisel R., A. y. (Noviembre de 2006. ). *Los orígenes de la antropometría histórica y su estado actual*. Cartagena de Indias : s.n., .
- Pate, R., Oria, M., & Pillsbury. (2012). *Fitness Measures and Health Outcomes in Youth*. . Washington (DC).
- Rodríguez Estévez, A. ( 2013). *Sistema d’entrenament amb kinect*.38.
- Yáñez Mendiola, J. (2009. ). *La antropometría: un primer paso para conocer nuestro entorno*.

## ANEXO A: IMAGENES

### Anexo A1: Plataforma giratoria



*Imagen 1: Plataforma giratoria*

*Por: Autor*

### Anexo A2: Instrumentos Antropométricos

#### Anexo A2.1 Antropómetro



*Imagen 2: Antropómetro*

*Por: Autor*

#### Anexo A2.2 Cinta métrica o flexómetro

### Anexo A3: Equipos

#### Anexo A 3.1 Hardware

### Anexo A3.1.1 Computador



*Imagen 3: Computador*

*Por: Autor*

### Anexo A3.1.2 Sensor Kinect

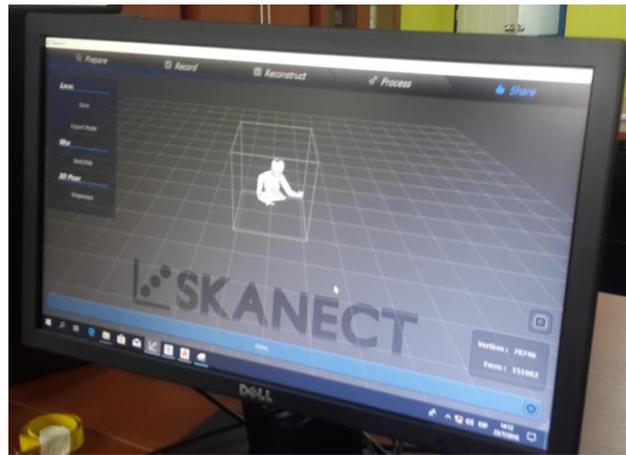


*Imagen 4: Sensor Kinect*

*Por: Autor*

### Anexo A3.2 Software

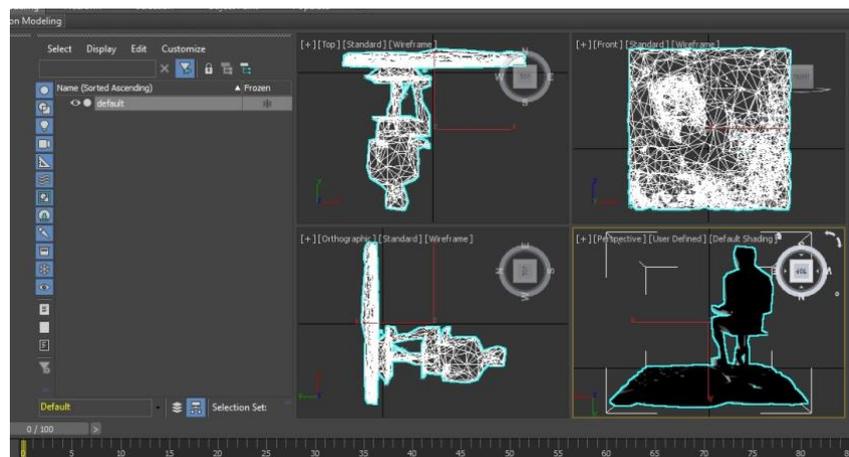
#### Anexo A3.2.1 Skanect



*Imagen 5: Skaneect*

*Por: Autor*

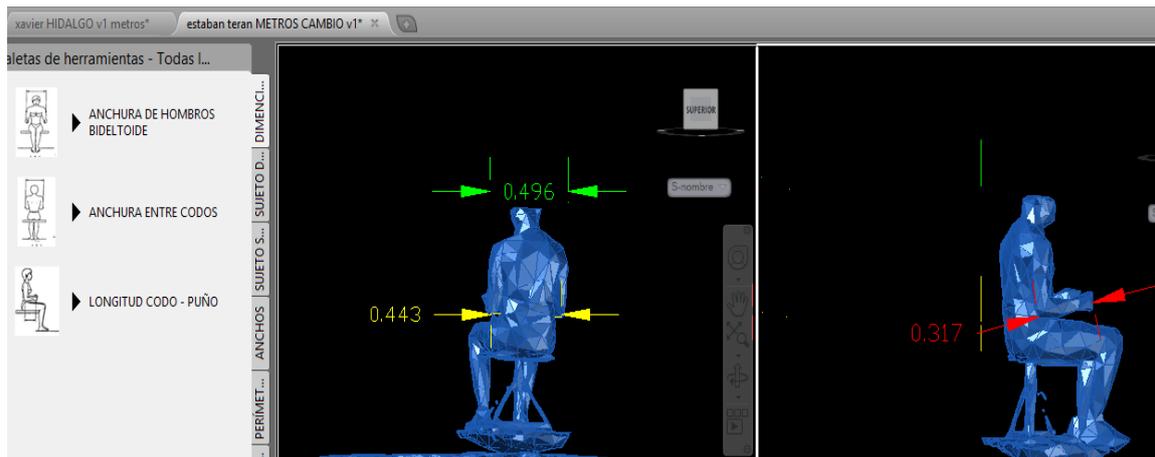
### Anexo A3.2.2 Autodesk 3Ds Max



*Imagen 6: Autodesk 3Ds Max*

*Por: Autor*

### Anexo A3.2.3 Autocad 2014



*Imagen 7: Autocad 2014*

*Por: Autor*

Anexo A4 Toma de medidas antropométricas

Anexo A4.1: Anchura hombros bideltoide



*Imagen 8: Anchura hombros bideltoide*

*Por: Autor*

Anexo A4.2: anchura entre codos

Anexo A4.3: longitud codo – puño



*Imagen 9: Longitud codo – puño*

*Por: Autor*

#### Anexo A5 Digitalización de cuerpos escaneados

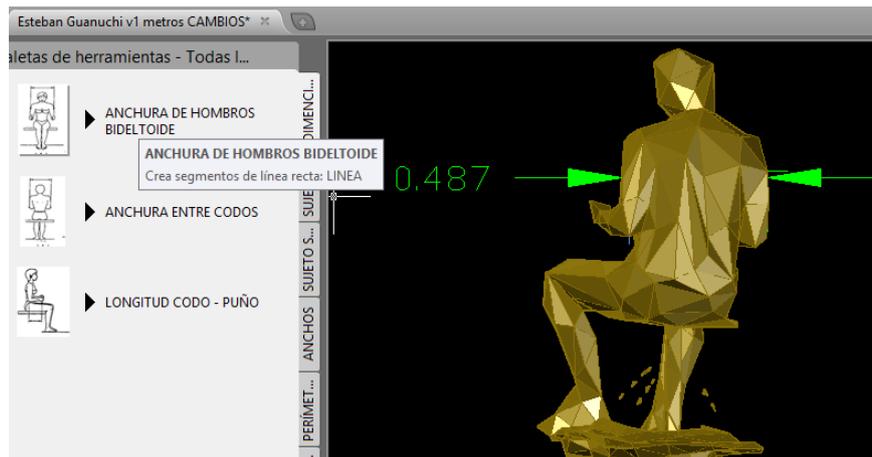


*Imagen 10: Digitalización de cuerpos escaneados*

*Por: Autor*

#### Anexo A6 Toma de medidas digital

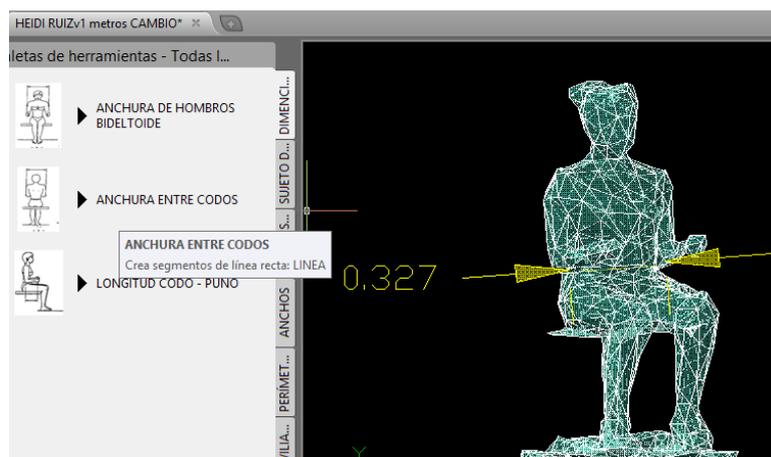
##### Anexo A6.1: Anchura hombros bideltoides



**Imagen 11:** Anchura hombros bideltoide

*Por: Autor*

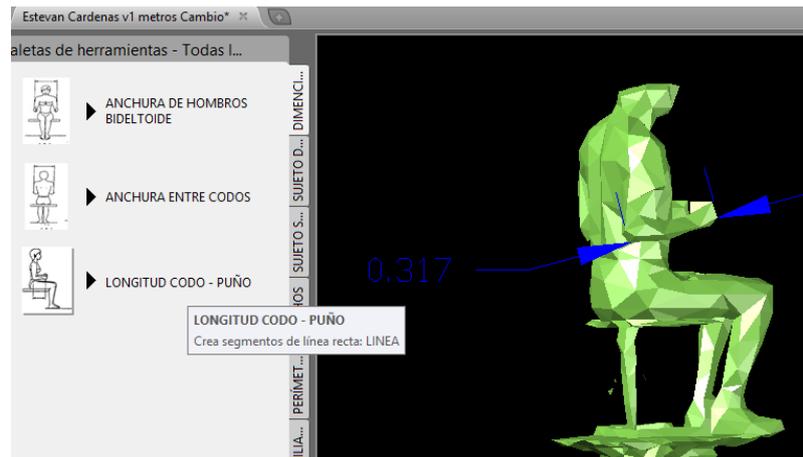
Anexo A6.2: Anchura entre codos



**Imagen 12:** Anchura entre codos

*Por: Autor*

Anexo A6.3: Longitud codo - puño



***Imagen 13: Longitud codo - puño***

***Por: Autor***