

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

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

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“DISEÑO DE UN ESCÁNER 3D DE BAJO COSTO PARA
LA TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS”**

Realizado por:

JOE HORFAYT BASSANTES ORTIZ

Director del proyecto:

MSC. PABLO DÁVILA

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Quito, 29 de mayo de 2019

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, JOE HORFAYT BASSANTES ORTIZ, con cédula de identidad # 175132729-5, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



Joe Horfayt Bassantes Ortiz

C.C.: 175132729-5

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

“DISEÑO DE UN ESCÁNER 3D DE BAJO COSTO PARA LA TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS”

Realizado por:

JOE HORFAYT BASSANTES ORTIZ

Como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Ha Sido dirigido por el profesor

MSC. PABLO DAVILA

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor



MSc. Pablo Dávila

DIRECTOR

DECLARATORIA PROFESORES INFORMANTES

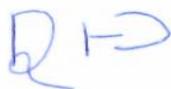
LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

PhD. OSWALDO JARA

MSC. ESTEBAN CARRERA

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



PhD. Oswaldo Jara



MSc. Esteban Carrera

Quito, 29 de mayo del 2019

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a mi madre Edith quien con su esfuerzo, paciencia y voluntad me han llevado a donde estoy ahora, a mi hermana Alejandra quien me ha apoyado en cada paso, a mi hermano Josue, compañero de toda la vida, quien me ha enseñado y guiado en todo momento de mi vida, a mi enamorada María José, mi gran amor, quien me ha apoyado y ayudado en cada decisión que he tomado. Gracias por estar siempre junto a mí.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al profesor Pablo Dávila a quien considero un mentor, quien ha sabido inculcarme su visión y su guía, a los profesores Oswaldo Jara y Esteban Carrera quienes durante todos mis años de formación me han aportado sus conocimientos y guía.

ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Método de Trabajo.....	4
3. Resultados	7
4. Conclusiones	15
5. Referencias.....	16

ÍNDICE TABLAS E ILUSTRACIONES

TABLAS

Tabla 1.- Resultados de las medidas tomadas para la valoración del escáner implementado.....	9
Tabla 2.- Análisis de la viabilidad de la implementación de los diferentes métodos para el desarrollo del modelo antropométrico de una población	11

ILUSTRACIONES

Ilustración 1.- Pasos para la elaboración del escáner de bajo costo propuesto	6
---	---

RESUMEN

Diseño de un escáner 3D de bajo costo para la toma de medidas antropométricas

Los diseños de los puestos de trabajo, equipos, maquinaria, herramientas y espacios en general se deben realizar considerando la antropometría de los usuarios, lamentable en los países en vías de desarrollo, como el Ecuador, no se cuenta con la antropometría de sus habitantes, por tanto, se utilizan tablas antropométricas que no se ajustan a su realidad, lo que ocasiona problemas de productividad, desperdicio de recursos, e incluso afectaciones en la seguridad y salud de la población en general. Un grupo de investigadores consientes de la necesidad de contar con el modelo antropométrico de la población, y de las dificultades que se presentan al realizar la toma de medidas antropométricas mediante la toma de medidas directas en las personas (tiempo de las personas a ser medidas y el contacto físico directo puede llegar a ser molesto para algunas personas), con el avance tecnológico estos problemas se solucionan, pero los escáneres 3D son de alto costo y más aún si son de alta precisión. Se desarrolló una aplicación de escáner donde se combinan hardware y software. En el hardware se utiliza: un ordenador de condiciones medias (core I5 o superior), se incluye una tarjeta gráfica (costo promedio de 600 USD), un sensor KINECT 360 (sensor del juego XBOX 360), y una plataforma giratoria horizontal de 360 grados. En el software se emplea el software SKANECT (Scanning Software By Occipital) y el software libre BLENDER (Blender Foundation). Con el escáner estructurado con esas características el costo total es de aproximadamente 1800 USD, si tomamos en cuenta que el computador tentativamente las empresas o los investigadores ya poseen, el costo del escáner pasa aproximadamente a 600 u 800 USD. En la evaluación de la precisión obtenida en el escáner para el levantamiento de las medidas del cuerpo humano, podemos indicar que al contrastar los valores obtenidos mediante el método tradicional y las medidas obtenidas con el proceso digital la diferencia llega a un valor inferior al 2%, lo cual permite se cumplan los estándares requeridos para el cálculo del modelo antropométrico de una población. Además, hemos evaluado el tiempo que emplea la persona en una toma de medidas antropométricas por el método tradicional manual que es entre 15 a 20 minutos, si la persona que hace la medición es experta de lo contrario está actividad tomaría más tiempo; utilizando el scanner el tiempo empleado es de 5 a 6 minutos.

Palabras clave: Scanner 3D, Antropometría, Bajo costo, Ecuador, Medición

ABSTRACT

Design of a low cost 3D scanner for anthropometric measurements

The designs of jobs, equipment, machinery, tools and spaces in general should be made considering the anthropometry of users, unfortunate in developing countries, such as Ecuador, do not have the anthropometry of its inhabitants, therefore, anthropometric tables are used that do not conform to their reality, which causes problems of productivity, waste of resources, and even effects on the safety and health of the population in general. A group of researchers aware of the need to have the anthropometric model of the population, and the difficulties that arise when taking anthropometric measurements by taking direct measures in people (time of the people to be measured and direct physical contact can be annoying for some people), with the technological advance these problems are solved, but 3D scanners are expensive and even more so if they are of high precision. A scanner application was developed where hardware and software are combined. The hardware is used: a computer with medium conditions (core I5 or higher), a graphic card is included (average cost of 600 USD), a KINECT 360 sensor (XBOX 360 game sensor), and a 360 horizontal rotating platform degrees. The software uses SKANECT software (Scanning Software by Occipital) and BLENDER free software (Blender Foundation). With the structured scanner with these features the total cost is approximately 1800 USD, if we take into account that the computer tentatively companies or researchers already have, the cost of the scanner is approximately 600 or 800 USD. In the evaluation of the accuracy obtained in the scanner for the measurement of the human body, we can indicate when contrasting the values obtained by the traditional method and the measurements obtained with the digital process, the difference reaches a value lower than 2%, which allows the required standards to be met for the calculation of the anthropometric model of a population. In addition, we have evaluated the time the person uses in taking anthropometric measurements by the traditional manual method that is between 15 to 20 minutes, if the person making the measurement is expert otherwise this activity would take more time; using the scanner the time taken is 5 to 6 minutes.

Keywords: 3D Scanner; Anthropometry; Low cost, Ecuador, Measurement

DISEÑO DE UN ESCÁNER 3D DE BAJO COSTO PARA LA TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

1. Introducción

El Ecuador que es parte de la realidad latinoamericana, y en la mayor parte de los países de esta región no cuentan con el perfil antropométrico de su población, esto genera dificultades en todas actividades que ejecutan las personas, si tomamos en cuenta que las herramientas, maquinas, equipos, instalaciones y entornos en general no se encuentran diseñados para el tamaño de los usuarios y las personas tienen que adaptarse a lo que existe, que termina generando necesidades y limitaciones que se convierten en riesgos y, por tanto, pérdida de bienestar en la población.

Los autores modernos indican que la antropometría estudia las dimensiones dinámicas y estáticas del cuerpo humano, los procedimientos y las técnicas para llevar a cabo las mediciones y el análisis estadístico que generan los datos que sirvan para el diseño de objetos y espacios teniendo en cuenta las características de los usuarios, cumpliendo con el principio ergonómico de adaptar los objetos y los espacios al usuario final. (Nariño R, 2016)

Las diferentes medidas antropométricas varían de una población a otra y son resultado de varios parámetros que influyen en ellos: sexo, raza, edad, alimentación, etc., características que son particulares en cada grupo humano. Cuando estamos organizando y diseñando herramientas, maquinas, equipos, instalaciones y entornos en general las dimensiones de los usuarios finales son de vital importancia para garantizar su seguridad, salud y productividad.

La distribución estadística de las medidas antropométricas de una población homogénea es como la mayoría de los fenómenos naturales, se distribuye de forma normal (distribución de Gauss), si

DISEÑO DE UN ESCÁNER 3D DE BAJO COSTO PARA LA TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

bien esto facilita su estudio, no implica que no se deba tener una base de datos confiable para que los diseños de los diferentes espacios y sus objetos sean acordes con las medidas de los usuarios.

Para el levantamiento de las medidas antropométricas se utilizan dos superficies verticales planas e imaginarias que dividen el cuerpo en dos partes, ya que permiten describir la ubicación y localización de las distintas partes y órganos del cuerpo humano, esto facilita el estudio de posturas, y la determinación de los diferentes ángulos articulares, adicionalmente se toma en cuenta un tercer plano horizontal que corta al cuerpo humano por su centro de gravedad, y por ultimo también se utiliza un plano horizontal que corta la cabeza a la altura del meato del canal auditivo externo, que se emplea para verificar que las medidas antropométricas levantadas se desarrollen con el individuo en la posición correcta.

Una de las formas más confiables de obtener el perfil antropométrico real de una población es mediante la toma de las medidas de los segmentos corporales directamente en las personas, para esto se debe emplear el personal entrenado y el instrumental normado (método tradicional), esto implica un tiempo aproximado entre 45 y 60 minutos ejecutando y registrando las medidas, lo que dificulta y encarece notablemente el proceso.

Con el avance de la tecnología se han desarrollado nuevos métodos para la toma de datos antropométricos, algunos de estos son: fotografías, sistemas de registro de imágenes en tres dimensiones mediante el uso de ultrasonido, termografía, laser y combinaciones de estos, todo esto en busca de facilitar la toma de medidas y disminuir los costos que implican el levantamiento de las medidas antropométricas.

Con la necesidad de tener el modelo antropométrico de la población ecuatoriana y las restricciones existentes, un equipo multidisciplinario de investigadores decide enfrentar este problema, es así

DISEÑO DE UN ESCÁNER 3D DE BAJO COSTO PARA LA TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

que consientes de las limitantes (recursos económicos, tiempo, instrumental normado y personal calificado) que demanda el método tradicional, plantean aplicar procesos tecnológicos para el levantamiento del perfil de la población.

DISEÑO DE UN ESCÁNER 3D DE BAJO COSTO PARA LA TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

2. Método de Trabajo

Se busca información secundaria que nos oriente para identificar elementos de bajo costo y gran accesibilidad, con los que se pueda desarrollar una aplicación para generar el modelo 3D del cuerpo humano donde se puedan efectuar las medidas antropométricas confiables de manera indirecta. Para esto se divide las necesidades en: identificar sensores y procesadores (hardware) de bajo costo, software de bajo costo o de uso libre en la red, así como también de fácil operación.

Por lo antes indicado, el interés del trabajo contempla: analizar la resolución, por tanto, la precisión que se pueda alcanzar, estabilidad en diferentes entornos ya que se plantea desarrollar un sistema transportable, componentes de fácil accesibilidad en nuestro mercado, fácil de usar, así como también de bajo costo.

Identificados los sensores, procesadores y software, se procede a la implementación del aplicativo para realizar la valoración sus bondades refiriéndonos a: disponibilidad en el mercado local, facilidad de implementación, precisión, y costos.

La disponibilidad en los mercados locales, nacionales, regionales y mundiales se comprueba mediante los sistemas de compraventa en el mercado de forma directa y/o en línea.

La facilidad de implementación se comprueba mediante el desarrollo de la aplicación, para esto se desarrollan las especificaciones técnicas para la construcción de las facilidades complementarias y los manuales de integración del sistema, así como también, los protocolos de operación. Estos

DISEÑO DE UN ESCÁNER 3D DE BAJO COSTO PARA LA TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

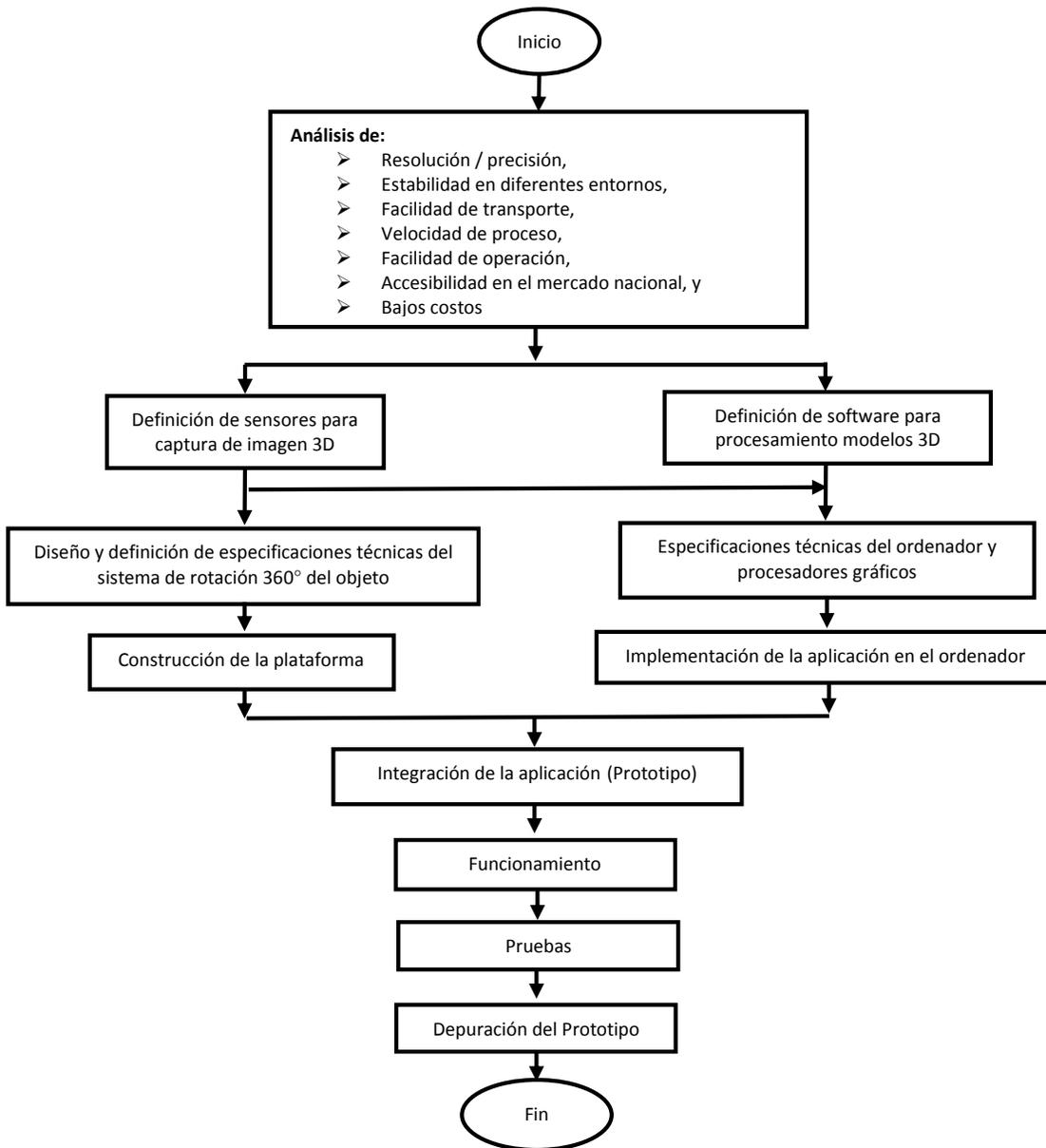
documentos son mejorados permanentemente según se enfrentan los diferentes problemas al desarrollar la implementación de la aplicación y las pruebas de operación.

Cuando ya se cuenta con el aplicativo operando, pasamos a evaluar su precisión, para esto se toma un individuo y se procede a realizar la captura del modelo digital en 3D del cuerpo, paralelamente se realiza la toma de valores de segmentos antropométricos por diez ocasiones (con dos técnicos), para luego realizar la comparación con los valores obtenidos mediante el escáner (diez tomas de cada segmento con 2 operadores). Se comparan los valores puntuales mediante la media aritmética, desviación estándar, y la diferencia identificada, obteniendo así los indicadores para valorar el aplicativo.

Como punto final de este proceso investigativo, se procede a realizar un análisis comparativo de: precios unitarios, montos de inversión, precisión de los sistemas de captura de los datos antropométricos, accesibilidad y viabilidad de aplicación, para determinar si el aplicativo desarrollado es viable en el cometido de levantar el perfil antropométrico de una población. Para esto el equipo definió arbitrariamente la posibilidad de trabajar con una muestra aproximada de 3000 individuos, lo que implica un error de 1,8% si tomamos en cuenta una población de 17 millones de habitantes, con un intervalo de confianza del 95% y se supone una heterogeneidad del 50%.

DISEÑO DE UN ESCÁNER 3D DE BAJO COSTO PARA LA TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

Ilustración 1.- Pasos para la elaboración del escáner de bajo costo propuesto



Elaborado: Autores (2019)

DISEÑO DE UN ESCÁNER 3D DE BAJO COSTO PARA LA TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

3. Resultados

De acuerdo a Lescay R *et al*, (2016) uno de los sensores de menor costo para el escaneo del cuerpo humano es el sensor Kinect SDK, este sensor está compuesto por dos cámaras, RGB y NIR, y una fuente de luz infrarroja que permite que la cámara NIR obtenga sus datos incluso en ausencia de luz.

La cámara RGB (color) se obtiene la información de todo lo que observan en su campo visual, la cámara NIR (infrarrojo de corto alcance) obtiene información de profundidad al combinarse con el emisor de pulsos infrarrojos y medir el tiempo de viaje de las ondas, el bajo costo de este sensor se fundamenta en la sencillez del método utilizado para medir la profundidad, la resolución de su cámara RGB (640x480 pixeles). Captura hasta 30 cuadros por segundo. El costo de un Kinect en el mercado nacional es de aproximadamente \$50 USD.

Para el procesamiento de los datos capturados por Kinect, se acogió el software SKANECT, que es un producto de la empresa ManCTL, se desarrolló para la elaboración de modelos digitales 3D en escala 1:1, utilizando los datos capturados por el sensor Kinect. El costo del software es de 250 Euros (compra en línea).

El ordenador que se recomienda utilizar debe pertenecer a la generación de los Core i7, 10GHZ, 4GB de RAM, GPU con DirectX11 y USB 3, en nuestro caso se ha trabajado con ordenadores de menores características, pero debemos aclarar que mientras más potente sea el ordenador más rápido será el proceso de captura y generación del modelo 3D de cuerpo escaneado. Para la

DISEÑO DE UN ESCÁNER 3D DE BAJO COSTO PARA LA TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

implementación del aplicativo se trabajó con un ordenador Core i5 que cuenta con una tarjeta gráfica NVIDIA – GIGABYTE, la que posee 2 núcleos gráficos NVIDIA GeForce GTX1070Ti y 8 GB de memoria como características principales, esta configuración nos permitió llegar a operar con una captura de hasta 20 cuadros por segundo. El costo del ordenador con la tarjeta gráfica incluida es de \$1200 USD. aproximadamente en el mercado nacional.

Para el tratamiento y determinación digital de las dimensiones de los segmentos corporales se emplea el software BLENDER 2.79 que es un software de creación 3D de código abierto y gratuito, desarrollado por la Fundación Blender, en nuestro caso se lo utiliza como un CAD donde se realiza la toma de medidas de los segmentos antropométricos en escala 1:1, y como ya se indicó este software no tiene costo.

Para que las personas que participan en el estudio sean escaneadas en todo su contorno (360 grados), se desarrolló una plataforma giratoria accionada por medios mecánicos, a través de engranajes, cadenas y palancas, que nos entrega una ventaja mecánica de 4 a 1, ventaja establecida en función del peso máximo de las personas a escanear (120 Kg). Todo esto considerando que la operación es manual y debe realizar un giro completo en 60 segundos. El costo de construir esta plataforma mecánica es de aproximadamente \$250 USD, en el mercado nacional.

La integración del aplicativo se realizó con relativa facilidad, inicialmente se identificó los drivers que controlan el Kinect adquirido, con esto procedimos a realizar las pruebas para determinar la distancia y entre el sensor y el cuerpo a escanear. Para esto se verificó los parámetros de operación del Kinect: Campo de visión horizontal 57 grados, campo de visión vertical 43 grados, rango de profundidad 1,2 a 3,5m., lo que nos da un campo de visión en el plano vertical que varía entre 1,12m² y 10,20m², si tomamos en cuenta que el parámetro crítico corresponde a la altura de la

DISEÑO DE UN ESCÁNER 3D DE BAJO COSTO PARA LA TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

persona, y como por experiencia podemos indicar este valor no llega a una distancia vertical de 2,10m., se determinó que la distancia ideal entre el sensor y cuerpo humano es de 1,90m.

Con el sistema operativo, procedimos a realizar pruebas y afinar los protocolos de operación, se consiguieron voluntarios para ser escaneados y medidos por métodos directos, previo a esto se informó del proyecto a los participantes y firmaron los correspondientes consentimientos, los cuales se mantiene en el archivo de la investigación.

De las 10 medidas que se tomaron de individuo, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 1.- Resultados de las medidas tomadas para la valoración del escáner implementado

Método Medida	Método Directo (Ancho de Hombros)		Método Indirecto (Ancho de Hombros)	
	Operador #1	Operador #2	Operador #1	Operador #2
Medida 1	351	349	356	354
Medida 2	349	350	354	354
Medida 3	350	349	358	355
Medida 4	350	349	355	352
Medida 5	351	350	350	350
Medida 6	352	350	351	358
Medida 7	349	348	350	354
Medida 8	350	350	357	356
Medida 9	349	350	354	351
Medida 10	350	351	356	352
Valor medio	350,1	349,6	354,1	353,6
Desviación Típica	0,94	0,80	2,74	2,29

DISEÑO DE UN ESCÁNER 3D DE BAJO COSTO PARA LA TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

Media del método	349,85	353,85
Desviación Típica del Método	0,91	2,54
Diferencia en porcentaje	1,14%	

Fuente: Autores
(2019)

Como se puede observar la precisión de las medidas por el método tradicional presentan una desviación típica cercana al milímetro, la desviación típica del valor definido mediante el método indirecto (escáner) es de aproximadamente 2,5 mm., las diferencias entre los valores determinados mediante los dos métodos corresponden a un valor inferior al 2% del valor determinado para el segmento antropométrico, lo que nos indica que el método es totalmente útil para el estudio para realizar la determinación del perfil antropométrico de una población., ya que el error técnico máximo de medida es inferior al 2%.

Con aplicativo totalmente definido en sus parámetros operativos, y, la validación de su precisión, procedemos a realizar el análisis comparativo entre los diferentes métodos conocidos y de los cuales se cuenta con información, los criterios sobre los cuales se realiza el análisis son: análisis de precios, montos de inversión inicial, precisión, accesibilidad a nivel de nuestra sociedad, y viabilidad de implementación.

En la siguiente tabla se expone el resumen del análisis realizado:

DISEÑO DE UN ESCÁNER 3D DE BAJO COSTO PARA LA TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

Tabla 2.- Análisis de la viabilidad de la implementación de los diferentes métodos para el desarrollo del modelo antropométrico de una población

Método	Precios	Montos de Inversión	Precisión	Accesibilidad	Viabilidad Aplicación
<p>Manual (Tradicional)</p> <p>Se puede realizar la toma de datos de 3 individuo por hora</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Personal (2) \$40 USD/H (técnico) • Instrumental \$1200 por técnico operando • Individuo a medir \$25 USD/hombre • Tablet \$3 USD/H • Tratamiento estadístico (PC, Software y Estadística) \$1500 Global <p>Total Aprox. \$60 USD/Individuo</p>	<p>3 (Alta)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formar personal técnico, • Adquirir instrumental • Fondos para cubrir costos de los individuos que participan del estudio <p>Total Aprox. \$180000 USD</p>	<p>3 (Alta)</p> <ul style="list-style-type: none"> • intervención de personal técnico • instrumental normado • Posiciones correctas • Error Inferior al 0,1% (dato recogido del proceso de medición tradicional) 	<p>2 (Media)</p> <ul style="list-style-type: none"> • No existe gran cantidad de personal técnico, • Insuficientes instrumentos normados 	<p>0 (Nula)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las personas no están muy interesadas en invertir una hora en el proceso, • Contacto físico con la persona que toma las medidas y tiempo excesivamente alto, • No se tienen auspiciantes para un trabajo de este tipo, no existe conciencia en nuestra sociedad sobre esta necesidad • Costos asociados Altos
Bio – Fotogrametría	<ul style="list-style-type: none"> • Personal \$40 	<p>2 (Media)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adquirir y desarrollar 	4 (Muy Alta)	<p>2 (Media)</p> <ul style="list-style-type: none"> • No existe facilidad 	<p>1 (Baja)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las personas no

DISEÑO DE UN ESCÁNER 3D DE BAJO COSTO PARA LA TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

<p>Se puede realizar la toma de datos de 12 individuos por hora</p>	<p>USD/H (técnico)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Instrument al \$30000 Global • Individuo a medir \$5 USD/hombre • Software especializado de fotogrametría digital \$8000 USD Global • Tablet \$3 USD/H • Tratamiento estadístico (PC, Software y Estadista) \$1500 Global <p>Total Aprox. \$20 USD/Individuo</p>	<p>instrumental</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adquirir software especializado • Fondos para cubrir costos de los individuos que participan del estudio <p>Total Aprox. \$60000 USD</p>	<ul style="list-style-type: none"> • intervención de personal técnico • Modelos normados (tamaño del pixel e inmovilidad de las personas) • Posiciones correctas • Error Inferior al 0,05% (dato calculado a partir de la resolución de las cámaras fotográficas y el sistema de restitución) 	<p>para la importación de los equipos exonerados,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Equipo ubicado en punto fijo y las personas deben desplazarse a donde está instalado el equipo 	<p>están muy interesadas en invertir el tiempo necesario para desplazarse al sitio donde está instalado el equipo,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Asegurarse que la persona permanezca inmóvil durante el tiempo de toma fotográfica • Costos asociados medios
<p>Escáneres Comerciales</p> <p>Se puede realizar la toma de datos de 30 individuos por hora</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Personal \$40 USD/H (técnico) • Instrument al \$80000 USD Global • Individuo a medir \$5 USD/hombre 	<p>3 (Media)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adquirir instrumental y desarrollar base de datos • Adquirir software especializado • Fondos para cubrir 	<p>4 (Muy Alta)</p> <ul style="list-style-type: none"> • intervención de personal técnico • Modelos normados (tamaño y cantidad de triángulos en los modelos digitales, inmovilidad de las personas) 	<p>1 (Baja)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dificultad para la compra si bien existen representación comercial no existe respaldo técnico para los equipos, 	<p>0 (Nula)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las personas no están muy interesadas en invertir el tiempo necesario para desplazarse al sitio donde está

DISEÑO DE UN ESCÁNER 3D DE BAJO COSTO PARA LA TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

	<ul style="list-style-type: none"> • Software especializado \$300 USD Global • Tablet \$3 USD/H • Tratamiento estadístico (PC, Software y Estadista) \$1500 Global <p>Total Aprox. \$30 USD/Individuo</p>	<p>costos de los individuos que participan del estudio</p> <p>Total Aprox. \$100000 USD</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Posiciones correctas • Error Inferior al 0,05% (dato obtenido en tablas técnicas de los equipos que se comercializan en mercado internacional) 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere técnicos especializados para su operación y mantenimiento • Equipo ubicado en punto fijo y las personas deben desplazarse a donde está instalado el equipo 	<p>instalado el equipo,</p> <ul style="list-style-type: none"> • No se tienen auspiciantes para un trabajo de este tipo, no existe conciencia en nuestra sociedad sobre esta necesidad • Costos asociados medios
<p>Imágenes 3D combinando Fotografía RGB y NIR (Kinect SDK)</p> <p>Se puede realizar la toma de datos de 20 individuos por hora</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Personal \$40 USD/H (técnico) • Instrumental \$50 Global • Individuo a medir \$5 USD/hombre • Software especializado \$300 USD Global • Tablet \$3 USD/H • Tratamiento estadístico (PC, Software y Estadista) 	<p>1 (Baja)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adquirir y desarrollar instrumental • Adquirir software especializado • Fondos para cubrir costos de los individuos que participan del estudio <p>Total Aprox. \$25000 USD</p>	<p>1 (Baja)</p> <ul style="list-style-type: none"> • intervención de personal técnico • Modelos normados (tamaño y cantidad de triángulos en los modelos digitales, inmovilidad de las personas) • Posiciones correctas • Error Inferior al 2% (dato obtenido en las pruebas de operación del equipo) 	<p>4 (Alta)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Facilidad para compra y construcción de los equipos, • Facilidad para el acceso a software de bajo costo o libre en la red, • Equipo móvil (facilidad para su transporte) 	<p>4 (Muy Alta)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las personas están interesadas en participar en el estudio a cambio de obtener el modelo digital 3D de sus cuerpos, • Con el equipo de adquisición de los modelos digitales de los cuerpos transportable se facilita el acceso a

DISEÑO DE UN ESCÁNER 3D DE BAJO COSTO PARA LA TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

	\$1500 Global Total Aprox. \$8 USD/Individuo				las personas, • Costos asociados bajos
--	--	--	--	--	---

Elaborado: Autores (2019)

Escala de Valoración: 0 Nulo, 1 Bajo, 2 Medio, 3 Alto, y 4 Muy Alto

DISEÑO DE UN ESCÁNER 3D DE BAJO COSTO PARA LA TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

4. Conclusiones

- La precisión alcanzada por el método de escaneo con el uso del sensor Kinect, el software Scanect, software Blender y los accesorios mecánicos podemos indicar que este aplicativo es totalmente viable, ya que los errores en la toma de medidas son inferiores al 2%.
- Por los precios y la existencia en el mercado de los componentes, el aplicativo es totalmente viable de implementar en cualquier país a nivel latinoamericano.
- El monto de la inversión necesaria para el desarrollo del levantamiento del perfil antropométrico de una población es totalmente viable para cualquiera de los países latinoamericanos.
- El prototipo de escáner al ser transportable, facilita el acceso a la población a ser tomada como muestra.

DISEÑO DE UN ESCÁNER 3D DE BAJO COSTO PARA LA TOMA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

5. Referencias

Iulian, A. (2015). *Modelado Virtual 3D del edificio de la ETSIGCT con Blender*. Universidad Politécnica de Valencia, Ing. Cartográfica, Geodésia y Topografía, Valencia. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5486606>

Nariño R, A. A. (2016). Antropometría. Analisis comparativo de las tecnologías para la captación de las dimensiones antropométricas. (E. (. Universidad EIA, Ed.) *Revista EIA*(26), 47 - 59. doi:<https://doi.org/10.24050/reia.v13i26.799>