



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE APLICACIONES DE CONTROL
USANDO TECNOLOGÍA KINECT.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniero en Electrónica y Redes de Información e
Ingeniero en Redes y Telecomunicaciones.

Profesor Guía

MSc. Rosero Beltrán Jorge Luis

Autores.

María Jazmín Mendoza Rivera

Byron Giovanni Guamushig Lasluisa

Año

2017

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA.

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con los estudiantes, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Rosero Beltrán Jorge Luis

Máster en Ciencias con especialidad en Automatización.

C.I. 1803610185

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR.

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Jean Michel Clairand Gómez
DIPLOME D'INGENIEUR
C.I. 1714736681

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE LOS ESTUDIANTES.

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de los autores vigentes”.

María Jazmín Mendoza Rivera.
1310011026

Byron Giovanni Guamushig Lasluisa
1718048224

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme en cada paso de mi vida. A mi madre por ser mi apoyo incondicional y estar cada día cuidando de mi bienestar. A la Universidad y a los ilustrados maestros por impartirme sus enseñanzas con nobleza y profesionalismo. A mi profesor guía y compañero de tesis, por la ayuda en la elaboración de este trabajo.

Jazmín Mendoza.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por cada alegría en mi vida y por fortalecer mi camino en las adversidades presentes. A mis padres, por darme la vida y ser los motores que me impulsan cada día a ser una mejor persona; en especial a mí querida madre por el trabajo incansable que hace día a día para que sus hijos sean hombres y mujeres de bien. Ella es mi ejemplo a seguir, dedico esta meta alcanzada con mucho amor.

Jazmín Mendoza.

AGRADECIMIENTO

A todas personas que fueron y son parte de mi vida, sin ellos esto no habría sido posible. A mi familia y amigos que supieron estar ahí en los buenos y malos momentos, fueron capaces de darme las fuerzas necesario para llegar hasta aquí. Agradezco especialmente a mi madre, la cual admiro por haber hecho el trabajo de padre y madre, y nunca haberme dejado desfallecer con sus palabras de aliento, gracias a ti consigo culminar otra etapa de mi vida que sin ti no habría sido posible.

Giovanny Guamushig.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi madre, pilar fundamental de mi vida, mi ejemplo a seguir y mi mayor sustento anímico. A mis primos con los cuales comparto momentos únicos de tristeza y felicidad. A mi hermano que aunque no tengo una relación estrecha siempre admire de él su fortaleza, y me supo contagiar su entusiasmo por el deporte. A mis tías, a las que quiero como madres y me supieron guiar en los momentos más difíciles. A mi abuelo, que hizo el papel de padre y me formó como persona. Para todos ellos con amor y cariño les dedico esta culminación de mi carrera.

Giovanny Guamushig.

RESUMEN

Microsoft creó el dispositivo Kinect, el cual es un sensor de profundidad que determina la distancia entre el objeto o persona hacia la cámara de manera eficiente. Kinect fue diseñado para la consola de videojuego Xbox 360, con el fin, de que el hombre logre controlar y capturar los movimientos de sus juegos simplemente con su cuerpo o a través de comando de voz. A su vez esta tecnología también es aprovechada en otros campos como la investigación científica y médica o la edición y creación de animaciones.

Por tal motivo, se hace una revisión del estado del arte de aplicaciones de control utilizando la tecnología Kinect, con el fin de recopilar información y generar un documento para que los estudiantes y profesionales que estén interesados en hacer proyectos de innovación tecnológica, puedan obtener un punto de partida con la información suministrada, y de esta manera consigan trabajar en la creación de trabajos enriquecedores.

También, a través de la investigación bibliográfica exhaustiva, se realiza un análisis de la tecnología Kinect y sus aplicaciones en los proyectos de titulación existentes, donde se hace una comparación con otras tecnologías de control y ver qué soluciones brinda el uso de esta tecnología y de esta manera poder garantizar un desarrollo eficiente en los sistemas que utiliza el ser humano, al interactuar y controlar por medio de una interfaz natural diversas aplicaciones. Una vez realizado el análisis de la tecnología Kinect, se hace un estudio de las implementaciones efectuadas en el Ecuador, para poder mostrar los avances tecnológicos, así como también los inconvenientes actuales y las tendencias que se tienen en cuanto al uso de las interfaces naturales.

Finalmente, a través del estudio realizado, se obtiene un documento para comentar los diferentes criterios que hay sobre cada aplicación de control implementada en los diferentes campos de la electrónica, medicina, investigación donde usa la tecnología Kinect que sirve de gran ayuda al ser humano.

ABSTRACT

Microsoft created the Kinect device, which is a depth sensor that determines the distance between the object or person towards the camera efficiently. Kinect was designed for the Xbox 360 video game console, in order that the man manage to control and capture the movements of his games simply with his body or through voice command. In turn this technology is also used in other fields such as scientific and medical research or editing and creation of animations.

For this reason, a state-of-the-art review of control applications using Kinect technology is done in order to gather information and generate a document so that students and professionals who are interested in doing technological innovation projects can obtain a Starting point with the information provided, and in this way get to work in the creation of enriching works.

Also, through the exhaustive bibliographical research, an analysis of the Kinect technology and its applications in the existing titling projects is done, where a comparison is made with other control technologies and see which solutions the use of this technology and of This way to be able to guarantee an efficient development in the systems that the human being uses, to interact and to control by means of a natural interface diverse applications. After the analysis of the Kinect technology, a study of the implementations made in Ecuador is made, in order to show the technological advances, as well as the current drawbacks and the tendencies that have in the use of the natural interfaces.

Finally, through the study, we obtain a document to comment on the different criteria that exist on each application of control implemented in the different fields of electronics, medicine, research where it uses Kinect technology that helps the human being.

ÍNDICE

Introducción.	1
Antecedentes.	3
Objetivo General.	3
Objetivos específicos.	3
Alcance.	4
Justificación.	4
1. Capítulo I. Marco Teórico.	6
1.1 Definición de la Interfaz de usuario.	6
1.2 Tipos de Interfaz de Usuario.	7
1.2.1 Interfaz de línea de comandos (CLI).	7
1.2.2 Interfaz gráfica de usuario (GUI).	8
1.2.3 Interfaz natural de usuario (NUI).	8
1.3 Historia del Kinect.	9
1.3.1 Creador del Kinect.	10
1.3.2 Microsoft Research.	11
1.3.3 SDK de Microsoft.	12
1.3.4 Evolución de Kinect.	12
1.3.5 Línea de Tiempo de Kinect.	15
2. Capítulo II. Análisis y comparación con otras tecnologías de control de movimiento.	17
2.1 Leap Motion.	17
2.2 Softkinetic DepthSense.	18
2.3 Panasonic D-Imager.	19
2.4 Xtion PRO.	20
2.5 MYO.	20
2.6 Comparación de las tecnologías.	21

3.	Capítulo III. Implementaciones realizadas con la tecnología Kinect en Ecuador.....	24
3.1	Aplicación para capturar el movimiento de manos y brazos del cuerpo humano.	24
3.2	Diseño e implementación de un sistema para el análisis del movimiento humano usando sensores Kinect.	26
3.3	Implementación de una habitación con un sistema de asistencia para discapacitados usando un sensor Kinect. ...	28
3.4	Reconocimiento de movimientos del cuerpo humano basado en tecnología Kinect.....	30
3.5	Diseño e implementación de un sistema de control para el robot móvil P3-AT por medio de gestos manuales.....	32
3.6	Desarrollo de un sistema de aprendizaje interactivo para el área del idioma inglés con el soporte del Kinect de Microsoft-caso práctico para niños de 6 a 8 años en el centro educativo Ilinizas.....	33
3.7	Desarrollo e implementación de un algoritmo para detección de objetos con tecnología Kinect.....	34
3.8	Sistema de seguridad inteligente basado en reconocimiento de patrones mediante tecnología Kinect para restringir el acceso no autorizado a consolas de administración y monitoreo.....	36
3.9	Control de un Robot Bípedo humanoide en un Espacio 3D Mediante El Sensor Kinect.....	38
3.10	Diseño e implementación de un sistema de control automático para un robot imitador en una plataforma	

humanoide mediante adquisición y procesamiento digital de imagen y video.	40
3.11 Control de movimiento de un quadrotor mediante un sensor de profundidad Kinect.	42
3.12 Diseño e implementación de un prototipo a escala de robot móvil acompañante.	44
3.13 Diseño y construcción de un prototipo de robot cuatricar.	47
3.14 Diseño e implementación de un sistema de navegación para asistencia de personas no videntes.	48
3.15 Desarrollo de un sistema de publicidad con realidad aumentada para optimizar la promoción de servicios y carreras de la PUCESA.	51
3.16 Desarrollo de un videojuego para complementar la enseñanza de matemáticas elementales en niños de segundo año de educación básica, utilizando el dispositivo Kinect.	54
3.17 Valoración y análisis de los movimientos de las manos de un paciente de Parkinson según la escala UPDRS usando técnicas de visión artificial con Kinect.	57
3.18 Sistema de seguimiento inteligente para un robot manipulador.	60
3.19 Implementación de un sistema de patrones de movimiento con las extremidades superiores del cuerpo humano.	63
3.20 Diseño e implementación de un sistema interactivo mediante tecnología Kinect V2.0 para desarrollar las habilidades psicomotrices en personas con discapacidad visual.	65

3.21	Desarrollo de un juego interactivo con una cámara Microsoft Kinect para el reconocimiento del jugador y los diferentes cortes de espada.....	67
3.22	Desarrollo y evaluación de un sistema de aprendizaje interactivo para niños con discapacidad intelectual y problemas de aprendizaje.....	70
3.23	Diseño e implementación de un dispositivo para rehabilitación de rodilla con envío de transmisión de datos por RF.....	71
3.24	Construcción de un prototipo para el reconocimiento y traducción del lenguaje de señas a texto utilizando el sensor Kinect.....	74
3.25	Diseño e implementación de un sistema para el análisis de movimiento corporal humano.	77
3.26	Versiones de Kinect utilizadas en los proyectos.	80
4.	Capítulo IV. Investigaciones de impacto.....	82
4.1	Tracking of Fingertips and Centres of Palm using Kinect.....	82
4.2	FAAST: The Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit.	85
4.3	Touchless Gesture user Interface for Interactive Image Visualization in Urological Surgery.....	87
4.4	Fall Detection in Homes of Older Adults using the Microsoft Kinect.....	89
4.5	Altitude Control of a Quadrotor Helicopter using Depth Map from Microsoft Kinect sensor.	91

4.6	Development and Evaluation of Low cost Game-Based Balance Rehabilitation Tool using the Microsoft Kinect Sensor.....	93
4.7	Kinect-Based Gesture Recognition Approach for a Natural Human Robot Interface.....	95
4.8	Robust Gesture Recognition using Kinect: A comparison between DTWAND HMM.	99
4.9	Improved Depth Image-Based rendering using an Adaptive Compensation Method on an Autostereoscopic 3-D display for a Kinect Sensor.....	103
4.10	Upper Extremity 3-Dimensional reachable Workspace Analysis in Dystrophinopathy using Kinect.....	106
4.11	Kinect-Based Virtual Game for the Elderly that detects incorrect Body Postures in Real Time.	108
4.12	American Sign Language Alphabet recognition using Microsoft Kinect.....	111
4.13	A Kinect-Based System for Lower Limb Rehabilitation in Parkinson's disease Patients: a pilot study.	115
4.14	Application of the Kinect Sensor for Dynamic Soil Surface Characterization.	118
4.15	Superpixel-Based hand gesture recognition with Kinect Depth Camera.....	121
4.16	Characterization of different Microsoft Kinect Sensor models	124
4.17	Kinect-Based Real-Time compressive Tracking Prototype System for Amphibious Spherical Robots.....	127
4.18	A Kinect-Based Human Micro-Doppler Simulator.	129

4.19 ePHoRt Project: A Web-Based Platform for Home Motor Rehabilitation.....	132
5 Conclusiones y Recomendaciones.....	136
5.1 Conclusiones.....	136
5.2 Recomendaciones.	138
REFERENCIAS.	139

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. 1 Interacción entre usuario y máquina.....	6
Figura 1. 2 Símbolo de Sistema de Windows.	8
Figura 1. 3 Interfaces gráficas de usuario.	8
Figura 1. 4 Interfaz natural de Usuario	9
Figura 1. 5 Alex Kipman director general de Incubación, Microsoft.	10
Figura 1. 6 Enfermera de Guardia Robótica creado en los laboratorios de Microsoft Research.	11
Figura 1. 7 SDK para Windows 10.	12
Figura 1. 8 Componentes de Kinect 1.0.	13
Figura 1. 9 Componentes de Kinect para Windows.....	13
Figura 1. 10 Componentes de Kinect 2.0.	14
Figura 1. 11 Línea de tiempo de Kinect.....	16
Figura 2. 1 Sincronización de manos con Leap Motion	17
Figura 2. 2 Dispositivo Leap Motion.	18
Figura 2. 3 Cámaras DepthSense DS311 y DS325.....	19
Figura 2. 4 Cámara Panasonic D-Imager.	19
Figura 2. 5 Xtion PRO live.....	20
Figura 2. 6 MYO capturando impulsos eléctricos.	21
Figura 3. 1 Componentes utilizados para mover el brazo robótico.	25
Figura 3. 2 Kinect para captura de movimiento.	27
Figura 3. 3 Kinect para reconstrucción digital.....	27
Figura 3. 4 Sistema domótico.....	29
Figura 3. 5 Interfaz desarrollada con Processing.	31
Figura 3. 6 Elementos del sistema para el control del robot P3-AT.	32
Figura 3. 7 Elementos del sistema de aprendizaje.	34
Figura 3. 8 Imágenes captadas por el algoritmo de detección de objetos.	35
Figura 3. 9 Identificación del esqueleto y sus articulaciones.	37
Figura 3. 10 Interfaz desarrollada.....	39
Figura 3. 11 RoboPhilo.	40
Figura 3. 12 Interfaz desarrollada.....	41

Figura 3. 13 Diagrama de fuerzas.....	43
Figura 3. 14 Interfaz desarrollada.....	45
Figura 3. 15 Robot de Compañía.	46
Figura 3. 16 RAD4-23.	47
Figura 3. 17 Adaptación del sistema de vibración del chaleco.	49
Figura 3. 18 Arquitectura del prototipo.	50
Figura 3. 19 Detección de obstáculo con una altura mínima establecida.	50
Figura 3. 20 Sprint pantallas de bloqueo, inicio e instrucciones para el usuario.	53
Figura 3. 21 Propuesta de estructura óptima.	53
Figura 3. 22 Diagrama físico del videojuego.	55
Figura 3. 23 Videojuego en funcionamiento.	56
Figura 3. 24 Interfaz gráfica movimiento con las manos.....	58
Figura 3. 25 Interfaz gráfica movimiento de golpeteo de los dedos y movimiento de pronación.	59
Figura 3. 26 Morfología de brazo Robótico.	61
Figura 3. 27 Arquitectura del sistema mecatrónico.....	62
Figura 3. 28 Proceso de reconocimiento de patrones de movimiento.	64
Figura 3. 29 Descripción de la pantalla principal del programa.	65
Figura 3. 30 Diagrama esquemático des sistema Interactivo.	66
Figura 3. 31 Interfaz del sistema Interactivo.....	69
Figura 3. 32 Interfaz del sistema Interactivo.....	70
Figura 3. 33 Interfaz del sistema Healthy Knee.	72
Figura 3. 34 Paciente con tendinitis rodilla derecha.	73
Figura 3. 35 Diagrama del procedimiento seguido para el reconocimiento y traducción.	75
Figura 3. 36 Interfaces de bases de datos, reconocimiento y traducción de las letras.....	76
Figura 3. 37 Esquema del sistema de análisis de movimiento.	78
Figura 3. 38 Ventana de captura de datos.	79
Figura 4. 1 Imagen de Umbral e imagen de la palma de una mano.	83

Figura 4. 2 Dedos segmentados en profundidad y resultado de la detección de las yemas de los dedos en tiempo real.	84
Figura 4. 3 Usuario usando un gesto de empuje en videojuego “World of Warcraft”.....	86
Figura 4.4 Identificación y segmentación al usuario a partir de una imagen con PrimeSense.	86
Figura 4.5 La imagen en color (izquierda) y el resultado para el umbral en la imagen de profundidad (derecha).	88
Figura 4.6 Visualización interactiva de la imagen gestual durante procedimiento quirúrgico.	89
Figura 4. 7 Captura de datos.....	90
Figura 4. 8 Captura de datos a diferentes distancias.....	90
Figura 4. 9 Interpolación de datos.	92
Figura 4. 10 Estructura Quadrotor.....	92
Figura 4. 11 Interfaz de Juego.	94
Figura 4. 12 Enrolamiento.	94
Figura 4. 13 Arquitectura del sistema.....	96
Figura 4. 14 Diez gestos diferentes y ángulos conjuntos usados como rasgo. 97	
Figura 4. 15 Enfoque propuesto para el módulo de reconocimiento de gestos en línea.....	99
Figura 4. 16 Captura de la interfaz y grabación de gesto en proceso.....	100
Figura 4. 17 Imágenes de Prueba de agujeros.....	105
Figura 4. 18 Kinect vs Autostereocopic 3D.....	106
Figura 4. 19 Sistema de coordenadas que tiene como eje el hombro.	107
Figura 4. 20 Diagrama general de los módulos.....	110
Figura 4. 21 Segmentación de la parte de la mano.	111
Figura 4.22 Imágenes en color con guante, segmentación e imágenes de profundidad.	112
Figura 4. 23 Características de Ángulo de articulación.....	114
Figura 4. 24 Diseño del funcionamiento del sistema.	116
Figura 4. 25 Captura de pantalla de la interfaz de configuración.	116

Figura 4.26 Representación esquemática de una unidad de sensor en tres dimensiones, colocado delante del tractor.	119
Figura 4. 27 Detección tridimensional de Kinect, se basa en un principio de triangulación.....	119
Figura 4.28 Segmentación para detección de mano.	122
Figura 4.29 Articulaciones de movimiento capturadas por Kinect.....	122
Figura 4.30 Segmentación de la mano.....	123
Figura 4.31 SP-EMD.	124
Figura 4.32 Respuesta de temperatura de Kinect.	125
Figura 4.33 Distorsión de imagen a) normal b) con factor de corrección.	126
Figura 4.34 Robot submarino esférico.	127
Figura 4.35 Captura de imagen con rastreador VR-V.....	128
Figura 4.36 Captura de imagen Con efectos de Sombra.....	129
Figura 4.37 Seguimientos de esqueleto (Puntos detectados por kinect)	131
Figura 4.38 Arquitectura de la plataforma ePHoRt.	133
Figura 4.39 Los dos movimientos distintos del brazo: abducción del hombro (a la izquierda) y flexión (a la derecha).....	133
Figura 4.40 El montaje experimental (a la izquierda) y la interfaz gráfica de usuario del programa de grabación (a la derecha).	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Cuadro comparativo de equipos de interfaces naturales.	23
Tabla 3. 1 Resumen de proyectos implementados en el Ecuador que utilizan el sensor Kinect.	81

ÍNDICE DE ECUACIONES

(Ecuación 1).....	98
(Ecuación 2).....	98
(Ecuación 3).....	101
(Ecuación 4).....	101
(Ecuación 5).....	101
(Ecuación 6).....	101
(Ecuación 7).....	101
(Ecuación 8).....	102
(Ecuación 9).....	102
(Ecuación 10).....	102
(Ecuación 11).....	103
(Ecuación 12).....	104
(Ecuación 13).....	104
(Ecuación 14).....	104
(Ecuación 15).....	109
(Ecuación 16).....	112
(Ecuación 17).....	113
(Ecuación 18).....	113
(Ecuación 19).....	113
(Ecuación 20).....	113
(Ecuación 21).....	113
(Ecuación 22).....	114
(Ecuación 23).....	114
(Ecuación 24).....	117
(Ecuación 25).....	120
(Ecuación 26).....	120
(Ecuación 27).....	120
(Ecuación 28).....	121
(Ecuación 29).....	123
(Ecuación 30).....	125
(Ecuación 31).....	128

(Ecuación 32).....	130
(Ecuación 33).....	134

Introducción.

“El sensor Kinect es un dispositivo lanzado en Noviembre de 2010 por Microsoft, orientado principalmente a la industria de los videojuegos, concretamente como periférico del video-consola Xbox 360 de Microsoft. Su principal innovación es que permite a los usuarios controlar e interactuar con la consola sin necesidad de tocar ningún controlador de juego físicamente, a través de una interfaz de usuario natural basada en gestos y comandos de voz”. (Microsoft Corporation, 2013).

En la actualidad Kinect, tiene gran aceptación y notoriedad comercial en los videojuegos y es objeto de estudio en aplicaciones que ayudan al progreso de distintos entornos de la sociedad y para ello, en el presente trabajo se realiza la revisión del estado del arte de aplicaciones de control utilizando la tecnología Kinect, el cual se encuentra estructurado de la siguiente manera:

En el capítulo 1, se obtiene información básica de la parte teórica, para tener un conocimiento sólido sobre la interfaz de usuario la cual controla el sistema operativo de un dispositivo electrónico; su definición, clasificación y evolución, destacando sus características y modos de funcionamiento. También se habla de la historia del Kinect y sus versiones utilizadas en proyectos.

El capítulo 2, se enfoca en el estudio de otras tecnologías de control natural desarrolladas por fabricantes de sensores de rango, para efectuar un análisis evaluativo y poder comparar cuál de estas tecnologías es la más adecuada para desarrollar un sistema de control.

El capítulo 3, hace una recopilación exhaustiva de los trabajos de titulación realizadas por estudiantes de universidades del Ecuador, utilizando tecnología Kinect. Además, se realiza una síntesis de éstas implementaciones, año de desarrollo, características generales y su aplicación en la solución de problemas de la vida real. Finalmente se efectúa un análisis general de los resultados obtenidos y se plantean posibles mejoras o soluciones que se podrían dar a estos trabajos.

En el capítulo 4, se realiza una síntesis de los temas más relevantes y actuales de las aplicaciones de control con Kinect, los cuales están indexados en el Scopus, que es la mayor base de datos con citas y resúmenes de artículos de revistas científicas con más de 5000 editoriales internacionales. Para la elaboración de este trabajo se escogieron 18 temas de los 1.774 documentos más citados que se encontraron, los cuales examinan nuevas tendencias de utilización en la construcción de sistemas de control para aquellas personas que realizan investigaciones que permiten ver los avances tecnológicos.

Una vez realizado la revisión del estado del arte, en el capítulo 4 se desarrollan las respectivas conclusiones y recomendaciones del trabajo culminado.

Antecedentes.

La interfaz del usuario, se considera el aspecto más importante para los sistemas de control, y gracias a los avances tecnológicos y a la investigación se ha podido apreciar cambios que facilitan la interacción con los usuarios.

En los últimos años, empresas como Microsoft, Sony y Nintendo han desarrollado diversos dispositivos que aportan interfaces naturales y de fácil acceso, “1 de junio de 2009. Ante periodistas de todo el mundo, y a dos días del comienzo de la feria de videojuegos E3 (la más importante del mundo), Microsoft presenta una nueva forma de jugar. Su nombre en clave: Project Natal.” (Carrillo, 2010, p.84), es una de las interfaces naturales más populares, las interfaces naturales permiten a un usuario interactuar con un sistema, aplicación o aparato sin utilizar dispositivos de entrada, en su lugar se hace uso de movimientos del cuerpo humano.

Con la elaboración de este proyecto, se obtiene una fuente de consulta bibliográfica de las aplicaciones creadas con interfaz natural, mediante la utilización de tecnología Kinect. Esta información será un gran aporte a personas que se encuentran realizando proyectos de innovación tecnológica.

Objetivo General.

Revisar el estado del arte de aplicaciones de control usando tecnología Kinect, mediante una investigación bibliográfica exhaustiva para tener una fuente de información en futuros proyectos.

Objetivos específicos.

- Recopilar información de los proyectos de titulación existentes en el Ecuador, sobre la tecnología Kinect para detectar la problemática actual.
- Investigar las tendencias de utilización de las interfaces naturales y su integración con Kinect.

- Realizar la documentación necesaria, sobre el funcionamiento de los sistemas de control implementados con Kinect en Ecuador.

Alcance.

En el presente trabajo, se realizará una revisión bibliográfica de Tecnología Kinect aplicado a sistemas de control, el mismo que presentará la evolución tecnológica durante los últimos años, así como también las respectivas ventajas y desventajas en su utilización.

La metodología de investigación será la científica, donde se revisarán trabajos de titulación, artículos científicos y publicaciones realizadas en Ecuador, de tal forma que se obtenga una recopilación de información, que permita generar un documento que servirá como el primer paso para el desarrollo de futuros trabajos de investigación, diseño o aplicación.

Finalmente, se hará referencia a las nuevas tendencias en la utilización de Tecnología Kinect para la construcción de sistemas de control, esta información servirá para redactar un artículo de investigación con miras a su publicación en revistas científicas de la rama de la ingeniería.

Justificación.

El estudio de las aplicaciones de control desarrolladas con interfaz natural utilizando tecnología Kinect, permite determinar las medidas necesarias para la mejora de nuevas aplicaciones, con el fin de establecer parámetros mínimos de diseño, que garanticen el óptimo funcionamiento de los diferentes usos que se da a esta tecnología.

Debido a la gran cantidad y variedad de usos que existen en los diferentes campos de aplicación y de las pérdidas económicas que provoca un desconocimiento total o parcial del uso de tecnología Kinect. Es necesario realizar una exhaustiva investigación bibliográfica, con el fin de emprender una

serie de análisis que permitan determinar soluciones viables y eficientes que garanticen el desarrollo de aplicaciones de control.

Este tipo de tecnología, tiene su gran aporte científico al aprovechar el uso de una interfaz natural como una nueva alternativa de control.

1. Capítulo I. Marco Teórico.

En este capítulo se describe la importancia de la interfaz de usuario para controlar el sistema operativo de un computador o dispositivo electrónico. Para ello es necesario conocer su definición, clasificación y evolución, destacando sus características y modos de funcionamiento. También se hablará de la historia del Kinect y sus versiones las cuales se han utilizado en la creación de proyectos tecnológicos.

1.1 Definición de la Interfaz de usuario.

Una interfaz de usuario es el medio por el cual se pueden comunicar las personas con computadores, equipos, máquinas o dispositivos; una vez establecida la comunicación, los usuarios pueden interactuar con las máquinas como se aprecia en la Figura 1.1.

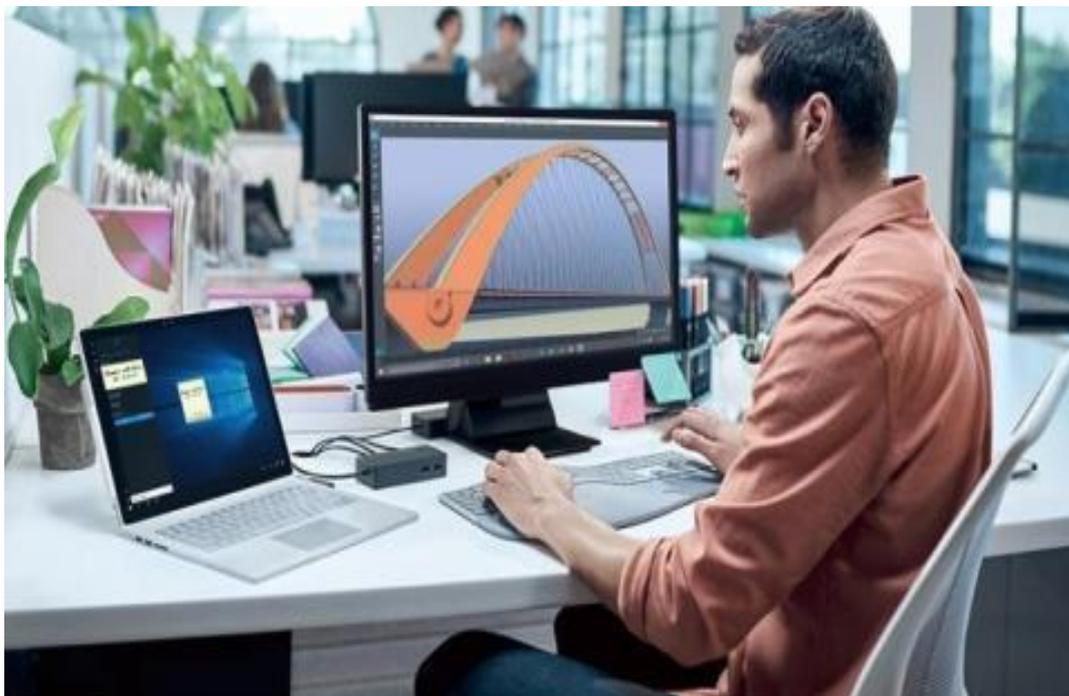


Figura 1. 1 Interacción entre usuario y máquina.

Tomada de: (Microsoft)

Lewis y Rieman (1993), puntualizan que “Las interfaces básicas de usuario son aquellas en las que se incluyen: menús, ventanas, teclado, ratón, los beeps y

algunos otros sonidos que la computadora hace, en general, todos aquellos canales por los cuales se permite la comunicación entre el hombre y la computadora”.

La interfaz de usuario es importante porque simplifica el funcionamiento de los computadores, máquinas y dispositivos; permitiendo a los usuarios que no están familiarizados con estos equipos, los puedan utilizar de diversas maneras.

1.2 Tipos de Interfaz de Usuario.

Los tipos de interfaces de usuario, están relacionadas con aspectos de la tecnología y con los usuarios que los utilizarán; los desarrolladores de sistemas operativos son muy cuidadosos en el diseño de las interfaces de usuario ya que son el medio de interacción con el software. Existen los siguientes tipos de interfaces de usuario:

- Interfaz de línea de comandos (CLI).
- Interfaz graficas de usuario (GUI).
- Interfaz natural de usuario (NUI).

1.2.1 Interfaz de línea de comandos (CLI).

Es un método de interacción con el computador, en el cual se ingresa una serie de instrucciones textuales; la idea principal, es que al ingresar en el ordenador una serie de caracteres, estos sean reconocidos por el computador y dependiendo de la secuencia ingresada sean ejecutadas generando una serie de operaciones. Un ejemplo claro de esto, es el Símbolo de Sistema de Windows también conocido como CMD, como se aprecia en la Figura 1.2.



Figura 1. 2 Símbolo de Sistema de Windows.

1.2.2 Interfaz gráfica de usuario (GUI).

Para simplificar el uso de los ordenadores en los usuarios; se crearon programas o entornos, para que el usuario interactúe y tenga una comunicación más fácil al momento de gestionar la aplicación con ambientes visuales como íconos, menús o puntero. También se puede citar los entornos de escritorio Windows, el X-Windows de GNU/Linux o el MAC OS X.



Figura 1. 3 Interfaces gráficas de usuario.

1.2.3 Interfaz natural de usuario (NUI).

Esta interfaz, es la que no utiliza dispositivos de entrada tales como mouse, teclado, lápiz óptico para interactuar con un sistema o aplicación. El usuario realiza operaciones a través de acciones intuitivas, relacionadas con el

movimiento natural del cuerpo humano que pueden ser: las extremidades o gestos del cuerpo como se puede visualizar en la Figura 1.4.



Figura 1. 4 Interfaz natural de Usuario

Tomada de: (Xboxpassion)

Para que se considere una interfaz natural; se deben cumplir con las siguientes consideraciones:

- Dar la sensación de ser una extensión del cuerpo.
- Que sea natural para usuarios expertos y usuarios nuevos.
- Crear una experiencia que sea autentica al medio.
- Evitar copiar paradigmas de interfaces de usuario existentes.

1.3 Historia del Kinect.

Kinect, es un dispositivo periférico para juegos presentado por Microsoft en junio de 2009 como “Project Natal”. El 4 de noviembre de 2010 se comercializó en Norteamérica bajo el nombre de Kinect, siendo una herramienta innovadora, fácil de usar y con una interfaz nueva que permite a los usuarios controlar e interactuar con la consola, sin necesidad de tener contacto físico con un control de videojuego tradicional.

Kinect, se convirtió en la plataforma más buscada para crear nuevos inventos. Científicos, aficionados e inventores empezaron a piratear a Kinect para construir nuevas aplicaciones (Villaseñor, 2011). Microsoft lanzó oficialmente el Kit de Desarrollo para Kinect (SDK) a principios del 2011, abriendo de esta manera la puerta a nuevos proyectos innovadores que podían influir y mejorar la vida de las personas.

1.3.1 Creador del Kinect.

Alex Kipman (Figura 1.5), es un científico de Brasil que lideró el desarrollo de la tecnología Kinect y HoloLens de Microsoft. Kipman era seguidor de los videojuegos y su idea de crear el Kinect vino a él por casualidad, ya que se encontraba en la granja de su tía, lejos de la ciudad donde creció (Curitiba), cuando despertó pensando, que no quería depender de un medio electrónico como: cables, control remoto o botones.

Kipman, piensa que las personas son cautivas de cualquier tecnología que involucre botones y control. Desde el 2002, ha trabajado en Microsoft con entusiasmo y visión para cumplir con los proyectos que parecen imposibles de realizar. Actualmente es director general de incubación de hardware en la unidad de negocios de entretenimiento interactivo.



Figura 1. 5 Alex Kipman director general de Incubación, Microsoft.

Tomada de: (RIT Production Services)

1.3.2 Microsoft Research.

La tecnología es cada vez más natural e intuitiva, el uso de tecnología táctil o de reconocimiento de voz es usado por muchas personas. Para Microsoft la tecnología de interfaz natural de usuario (NUI), es un área en la que se ha invertido muchos años.

La tecnología natural e intuitiva como Kinect, puede transformarse en una manera de generar oportunidades para resolver problemas sociales como: servicios médicos, educación y mejorar la calidad de vida de personas con discapacidad; estos avances tecnológicos de interface natural de usuario permitieron generar un prototipo de una Enfermera de Guardia Robótica como se indica en la Figura 1.6.

El futuro tecnológico se imagina en los laboratorios de Microsoft Research, donde se dirige las investigaciones básicas y aplicadas en informática e ingeniería de software; sus proyectos están enfocados a realizar de manera más sencilla la forma de interactuar, visualizar y escuchar a los ordenadores (Microsoft, 2009).



Figura 1. 6 Enfermera de Guardia Robótica creado en los laboratorios de Microsoft Research.

Tomada de: (Microsoft & LATAM, Imaginación y futuro desde Microsoft Research, 2016)

1.3.3 SDK de Microsoft.

La Figura 1.7, muestra el SDK de Microsoft que es un kit de desarrollo de software que contiene archivos de cabecera, bibliotecas, muestras, documentación y herramientas que utilizan las API (Programación de aplicaciones). Permite crear aplicaciones que admitan el reconocimiento de voz y gestos mediante C++, C#, Visual Basic o cualquier otro lenguaje .NET. El kit de herramientas de desarrollo integral, incluye aplicaciones de ejemplo con acceso al código fuente completo, Kinect Studio y recursos para simplificar y acelerar el desarrollo de aplicaciones.



Figura 1. 7 SDK para Windows 10.

Tomada de: (Thimmappa, 2015)

1.3.4 Evolución de Kinect.

En la Electronic Entertainment Expo (E3) de junio del 2009, Microsoft presentó Project Natal, nombre bajo el cual se escondía el Kinect, el cual fue lanzado en noviembre de 2010.

1.3.4.1 Kinect 1.0.

Este dispositivo en forma de barra, como se ve en la Figura 1.8, usaba un proyector infrarrojo y una cámara RGB con una resolución de 640x480 pixeles que escaneaba la escena, esta información que era enviada a un microchip especialmente preparado para capturar en tres dimensiones el movimiento de objetos y personas.

Además, poseía una fila de micrófonos capaz de reconocer la voz del usuario, inclinación motorizada a través de un impulso mecánico en la base del sensor Kinect, el software creado por Microsoft para interpretar toda información recogida por los sensores es MICROSOFT RESEARCH (KNIES, 2013).

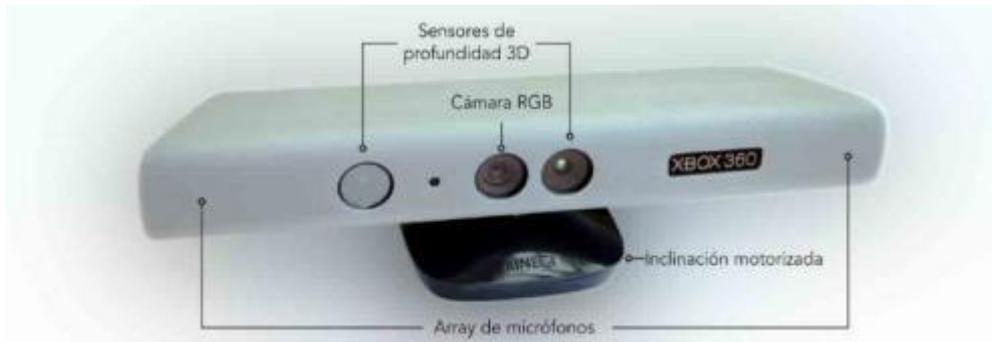


Figura 1. 8 Componentes de Kinect 1.0.

Tomada de: (Mendoza, Marquez Dominguez, & Sabino Moxo, 2014)

1.3.4.2 Kinect para Windows.

El primero de febrero del 2012, se realizó el lanzamiento del Kinect para Windows, una tecnología que era exclusiva de Xbox 360. Este producto fue enfocado en los desarrolladores más que en los consumidores o usuarios.

La Figura 1.9 muestra cada componente de Kinect. Tiene un soporte para procesadores de 32 y 64 bits, se recomienda un procesador dual-Core de 2.66 GHz o superior, mínimo de 2Gb de RAM.



Figura 1. 9 Componentes de Kinect para Windows.

Con una cámara RGB de resolución 1080x960 píxeles para identificar y captar imágenes, un emisor de rayos infrarrojo (IR) y un sensor de profundidad IR haciendo posible capturar la profundidad de una imagen, un arreglo de cuatro micrófonos para capturar el sonido y encontrar la ubicación de la fuente sonora, un acelerómetro de 3 ejes capaz de medir la aceleración en 3 dimensiones.

1.3.4.3 Kinect 2.0.

La segunda generación del dispositivo, presentada el 21 de mayo de 2013 fue la única, Kinect para Xbox y PCs; con muchas diferencias a sus antecesores y generando grandes posibilidades para su uso. Microsoft, lanzó un adaptador de Kinect para Windows, lo cual permite usarlo en PCs y portátiles con Windows 8.0 y 8.1 a través de una conexión USB 3.0.



Figura 1. 10 Componentes de Kinect 2.0.

La Figura 1.10 describe los componentes de esta generación, tiene una nueva cámara Full HD de 1920x1080, la cual incorpora un time-of-flight (TOF) de alta resolución, con lo que permite al Kinect capturar detalles con mayor precisión y resolución, al utilizar este tipo de cámara se logra un campo de visión un 60% más amplio y con la posibilidad que más personas puedan ser registradas al mismo tiempo, tiene un límite de 6 personas en escena reconociendo y distinguiendo todos sus movimientos. Se ha mejorado la eliminación del ruido ambiente, permitiendo captar con más detalle las instrucciones vocales.

1.3.5 Línea de Tiempo de Kinect.

Este gráfico (Figura 1.11) muestra de manera resumida cada evolución, así como las características más sobresalientes en cada etapa de desarrollo del Kinect.

También, se ha podido ver que mediante la investigación realizada, se logra establecer que a través de la interfaz de usuario, se puede determinar el medio de comunicación entre el usuario y el computador o equipo, para realizar cualquier tipo de manipulación en los sistemas que se desarrollan con control natural.

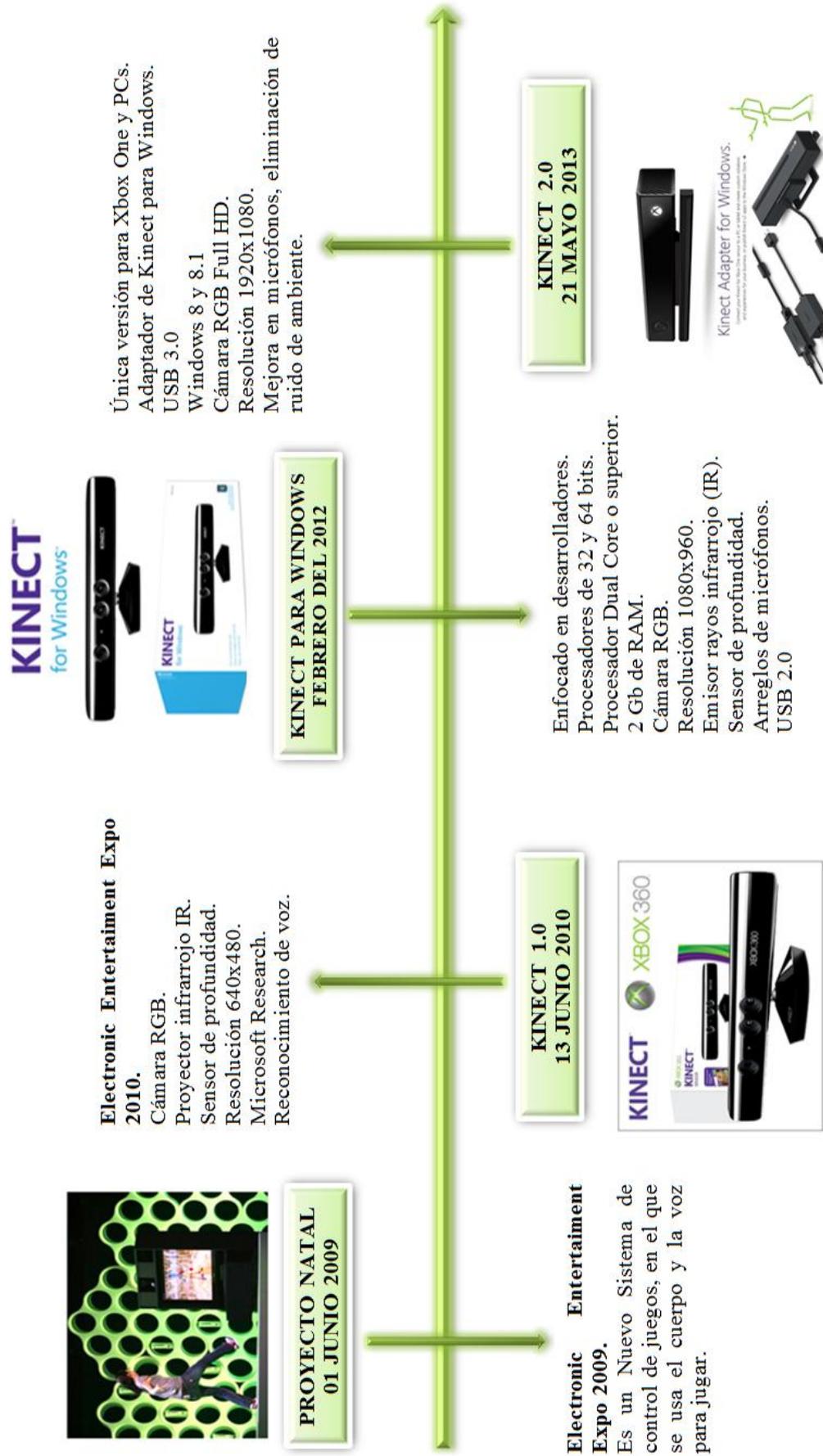


Figura 1. 11 Línea de tiempo de Kinect.

2. Capítulo II. Análisis y comparación con otras tecnologías de control de movimiento.

En este capítulo se hará un estudio de otras tecnologías de control natural desarrolladas por fabricantes de sensores de rango, para realizar de esta manera un análisis evaluativo y poder comparar cuál de estas tecnologías es la más adecuada para desarrollar un sistema de control.

2.1 Leap Motion.

La empresa Leap Motion, ha desarrollado un dispositivo que detecta de manera precisa los movimientos gestuales de la mano; con la finalidad de controlar cualquier computador de mesa o portátil para que el usuario pueda interactuar a través de dichos gestos, sin necesidad de utilizar un teclado o mouse.

En la Figura 2.1, se observa el dispositivo conectado a una portátil a través de un cable USB, se ubica paralelo al teclado donde el usuario coloca las manos frente al computador para poder manipular y capturar por medio del sensor los diversos movimientos realizados.



Figura 2. 1 Sincronización de manos con Leap Motion.

Leap Motion (Figura 2.2), es un pequeño dispositivo que se lo conecta vía USB 2.0 o 3.0 para que pueda ser identificado por el computador. Está equipado con dos cámaras que permiten enviar las imágenes de manera nítida al sistema.

También tiene tres Leds, los cuales iluminan un determinado campo de visión y realizan un escaneo en 3D de cualquier movimiento de las manos, dedos u objetos; a un radio de 1 metro y con una precisión de 0.01 mm. No requiere una configuración especial ya que se la hace de manera sencilla; necesita de la aplicación Airspace para su funcionamiento y trae consigo algunas aplicaciones preinstaladas. Es compatible con Windows y Mac OS X.



*Figura 2. 2 Dispositivo Leap Motion.
Tomada de: (Smith, 2013)*

2.2 Softkinetic DepthSense.

Sony compró a Softkinetic Systems, una compañía belga que desarrolló la tecnología ToF (Time of Flight), la cual utiliza el movimiento en tiempo real para emplearlo como control en diferentes plataformas; funciona con cámaras de alta precisión y sensibilidad. Provee variedad de dispositivos que tienen el sensor de profundidad DepthSense y son utilizados en computadores, consolas, señalización digital interactiva, automóviles, sistemas de atención médica inteligente etc., permitiendo de esta manera interactuar naturalmente entre la persona y máquina.

En la actualidad, se distribuyen los modelos de cámara DS311 y DS325 (Figura 2.3). Destacándose el modelo DS325 como el más común, siendo capaz de adquirir imágenes de color captada por un sensor de alta definición RGB permitiendo alcanzar una buena resolución. También obtiene el audio a través de dos micrófonos que reducen el ruido y suprimen el eco. En cuanto a la profundidad su resolución es QVGA (320x240píxeles) y su tecnología se basa en tiempo de vuelo, que es la emisión de luz infrarroja desde el láser de la cámara. Este dispositivo se alimenta por USB, lo que facilita su portabilidad.

Utiliza librerías como IISU SDK de SoftKinetic, Intel Perceptual Computing SDK y OpenCV.



Figura 2. 3 Cámaras DepthSense DS311 y DS325.

Tomada de: (SoftKinetic)

2.3 Panasonic D-Imager.

Esta tecnología permite detectar los gestos humanos y realizar un seguimiento completo del movimiento del cuerpo a través del sensor D-Imager (Figura 2.4) que está basado en tecnología ToF (Time of Flight). Se lo emplea en desarrollo de aplicaciones de seguridad, señalización digital, atención médica, medición de audiencia, detección de formas y detección de personas en los accesos a recintos. Maneja una zona de cobertura de 1,2 m a 9 m, dependiendo del modelo y utiliza las librerías tales como IISU SDK de SoftKinetic, Omek Beckon SDK, OpenCV, PCL y Flash para crear aplicaciones (Fernández, Botana, Sempere, Gonzalez, & Gil, 2014).



Figura 2. 4 Cámara Panasonic D-Imager.

Tomada de: (Panasonic)

2.4 Xtion PRO.

Es un dispositivo de captura de datos para PC como se observa en la figura 2.5; compatible con WIN XP/Vista/7 y GNU/Linux Ubuntu 10.10 X86 32/64 bit a través de un puerto USB 2.0. Desarrollado por PrimeSense en sociedad con ASUS, al no ser utilizado con un determinado dispositivo, ASUS abrió el mercado a los desarrolladores para que realicen soluciones para cualquier tipo de ordenadores; en el desarrollo de aplicaciones es necesario hacer uso del software ASUS Xtion PRO developer pack.

Es similar a Kinect, sobre todo en cuanto a la tecnología que usa, incorpora la cámara VGA de 640x480, usa sensores de profundidad de campo y los micrófonos necesarios para poder realizar el procesamiento de audio. Existieron 2 versiones en el mercado: Xtion PRO y Xtion PRO live.



Figura 2. 5 Xtion PRO live.

Tomada de: (ASUS)

2.5 MYO.

MYO, es un brazalete capaz de recoger los impulsos eléctricos del brazo (Figura 2.6), desarrollado por la empresa Thalmic Labs. Al ser los músculos del brazo los que recogen la gran mayoría de movimientos de la muñeca y los dedos hace obsoleta la idea de utilización de una muñequera.



Figura 2. 6 MYO capturando impulsos eléctricos.

Tomada de: (Artega, 2015)

La ventaja frente a los dispositivos basados en sensores de rango es que no tiene que ver a la persona hacer el gesto, ya que no utiliza cámaras, por lo tanto las posibilidades que ofrece a la hora de controlar los dispositivos ya no depende de que el usuario se ubique frente al equipo capturador de movimientos.

Es compatible con sistemas operativos Windows y sistemas operativos de MAC, además ofrece APIs a los desarrolladores para que realicen aplicaciones en Android y iOS.

2.6 Comparación de las tecnologías.

Todos los dispositivos presentados anteriormente, hacen que una persona se olvide del ratón, teclado y cualquier tipo de dispositivo físico que el usuario deba tener en sus manos para controlar equipos, aplicaciones y máquinas. El control se lo hace con la utilización de los movimientos del cuerpo humano.

El único dispositivo que difiere de los sensores de rango es MYO, el cual no necesita de una cámara para capturar los movimientos, ya que lo realiza a través del brazalete que se coloca en el brazo del usuario. Transformando la actividad eléctrica de los músculos en acciones de movimiento.

En cuestiones de precio, Leap Motion es la opción ganadora (Tabla 2.1), además es muy preciso y se lo puede utilizar para firmar documentos electrónicos, crear dibujos detallados, ideal para actividades en interiores. Su precisión es también su desventaja ya que los seres humanos no poseen una firmeza estable en los trazos, al realizar una línea recta, resultaría difícil.

Los sensores de rango: Kinect, Xtion Pro, Panasonic D-Imager y Softkinetic DepthSense. Tienen la misma base de funcionamiento, los movimientos de cuerpo humano son capturados en tiempo real por medio de una cámara, esta cámara está constituida de 2 partes: un proyector y una cámara de infrarrojos VGA, el campo de profundidad es captado por el rebote de un haz de láser, básicamente los sensores de rango reciben el haz de luz como infrarrojos que varían el grado de color dependiendo de lo cerca o lejos que se encuentren los objetos. El software toma la imagen y la procesa para determinar en donde se encuentra la persona basándose en un sistema de directrices por ejemplo: una persona tiene 1 cabeza, 2 brazos y 2 piernas. Luego de ordenar la información capturada lo convierte en un esqueleto de digital.

Kinect, presenta ventajas sobre los otros dispositivos al tener un precio accesible para la mayoría de usuario y contar con un SDK en constante actualización. El SDK para Kinect es un software libre lo que permite la creación de comunidades de desarrolladores y que además tengan la capacidad de desarrollar controladores y APIs libres. Kinect cuenta con una tecnología flexible que actualmente tiene una gran inmensidad de aplicaciones para trabajar en el mundo real.

Una vez hecha la respectiva explicación de cada uno de los dispositivos de captura de movimientos del cuerpo humano; a continuación se muestra en la Tabla 2.1 la comparación de las siguientes características: distancia de uso, ángulo de visión, plataforma en la que se desarrolló, Sistemas Operativos (S.O) que soporta, interfaz, Software de desarrollo, lenguaje de programación compatible, entorno de funcionamiento y su precio en el mercado.

CARACTERÍSTICAS	KINECT 2.0	Leap Motion	SOFTKINETIC DEPTHSENSE	XTION PRO	XTION PRO LIVE	KINECT 1.0	MYO
DISTANCIA DE USO (metros)	0.5 - 4.5	0.61	1.5 y 4.5	0.8 y 3.5	0.8 y 3.5	0.8 y 3.5	8
ÁNGULO DE VISIÓN DE LA CÁMARA DE PROFUNDIDAD	512 x 424. 70° H, 60° V (Horizontal, Vertical)	110.55 H x 110.55 V x 69.43 D	57,3° x 42° x 73,8° (HxVxD) : 24 – 33 fps	58° H, 45° V, 70° D (Horizontal, Vertical, Diagonal)	58° H, 45° V, 70° D (Horizontal, Vertical, Diagonal)	62° H, 48° V, 72° D (Horizontal, Vertical, Diagonal)	N/A
SENSOR	RGB y Profundidad	CMOS	Profundidad DepthSense Technology	Profundidad	RGB y profundidad	RGB y Profundidad	feedback háptico
CÁMARA	RGB 1920x1080. 30 Hz 15 Hz con baja luz	VGA: 30fps	VGA: 30 fps 50° x 40° x 60° (HxVxD)	VGA : 30fps QVGA: 60fps	VGA : 30fps QVGA: 60fps	VGA : 30fps QVGA: 60fps	-
PLATAFORMA	Intel X86	MXIC MX25L3206E–32M-bit	Intel X86 y AMD	Intel X86 y AMD	Intel X86 y AMD	Intel X86 y AMD	ARM Cortex M4
S.O SOPORTADOS	Win7 o superior	Windows 7 o superior Mac OS X	Win 32/64 : XP , Vista , Win7	Win 32/64 : XP , Vista , Win7 , Win7 GNU/Linux Ubuntu 10.10 X86 32/64 bit	Win 32/64 : XP , Vista , Win7 GNU/Linux Ubuntu 10.10 X86 32/64 bit	Win 32/64 : XP , Vista , Win7 GNU/Linux Ubuntu 10.10 X86 32/64 bit	Windows 7 / 8 / 10 Mac OS X 10.8 y superior iOS 7.0 y superior Android 4.3 o superior
INTERFAZ	USB 3.0 (Requiere alimentación externa)	USB 2.0 USB 3.0	USB 2.0 HS	USB 2.0	USB 2.0	USB 2.0 (Requiere alimentación externa de 12V)	USB 2.0 bluetooth 4.0
SOFTWARE	development kit v2	-	development kit Softkinetic	development kit	development kit	development kit	APIs
LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN	C++/C# (Windows)	-	C/C++/C#	C++/C# (Windows) C/C++(Linux)	C++/C# (Windows) C/C++(Linux)	C++/C# (Windows) C/C++(Linux)	-
ENTORNO DE FUNCIONAMIENTO	Interiores	Interiores	Interiores/Exteriores	Interiores	Interiores	Interiores	interiores
PRECIO (\$)	250	70	500	149	172	150	200

*VGA 640x480

** QVGA 320x260

*** HD 1920x1080

Tabla 2. 1 Cuadro comparativo de equipos de interfaces naturales.

3. Capítulo III. Implementaciones realizadas con la tecnología Kinect en Ecuador.

En este capítulo se realiza una recopilación exhaustiva de los trabajos de titulación realizadas por estudiantes de universidades del Ecuador, utilizando tecnología Kinect. Además, se realiza una síntesis de éstas implementaciones, año de desarrollo, características generales y su aplicación en la solución de problemas de la vida real. Finalmente se realiza un análisis general de los resultados obtenidos y se plantean posibles mejoras o soluciones que se podrían dar a estos trabajos.

3.1 Aplicación para capturar el movimiento de manos y brazos del cuerpo humano.

En el estudio realizado por Hernández y Herrera (2013) titulado: *ANÁLISIS Y ESTUDIO DE LOS CÓDIGOS FUENTE SDK (KIT DE DESARROLLO DE SOFTWARE) E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN DEMOSTRATIVA QUE REGISTRE LA CAPTACIÓN DE MOVIMIENTOS DE MANOS Y BRAZOS DEL CUERPO HUMANO A TRAVÉS DE LED'S INDICADORES MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL SENSOR KINECT DEL XBOX 360*, en el cual se analizan y estudian los códigos fuente SDK del sensor Kinect del Xbox 360 para implementar una aplicación demostrativa que registre la captación de movimientos de manos y brazos del cuerpo humano a través de leds indicadores.

La aplicación demostrativa, se realizó con una pinza robótica que consta de un brazo con un rango de movimiento comprendido de 0 a 180°, y en el extremo cuenta con una pinza que enciende un LED cuando se abre o cierra. Cuenta con una interfaz de aplicación creada en Visual Studio 2010 en el lenguaje de programación C#.

Los datos que reciba el sensor Kinect, van a ser enviados al computador donde se encuentra cargada la aplicación y por medio de comunicación serial a una

placa Arduino, la misma que se encargará de recibir y enviar los datos a los servomotores de la pinza Robótica (Figura 3.1).

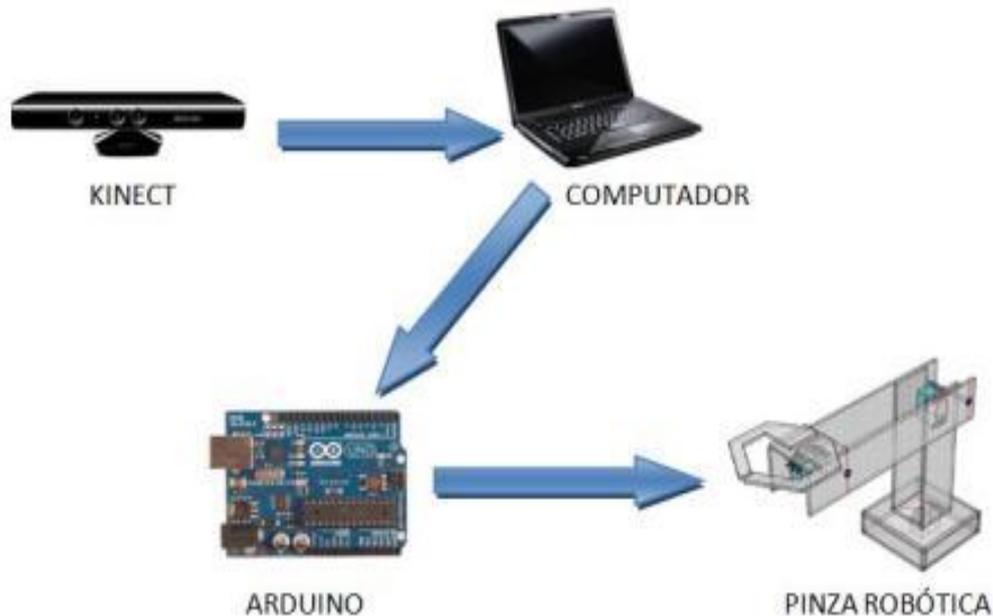


Figura 3. 1 Componentes utilizados para mover el brazo robótico.

Tomada de: (Hernández & Herrera, 2013)

Los autores concluyen, que en el lenguaje de programación C# se logra enviar los datos de las posiciones X, Y, Z a través de un vector tipo byte de 3 posiciones. Estos datos son leídos por la tarjeta Arduino UNO, que cuenta con pines de salida digitales y PWM, un microcontrolador Atmegas328P que se programó para recibir y enviar los datos a través de comunicación serial. Con esto se permite controlar el movimiento de los servomotores que conforman la pinza robótica.

En la tesis realizada, se detallan los componentes para el desarrollo de la pinza robótica, por otro lado, se puede apreciar que se hace un mayor énfasis en las líneas de comando SDK, gracias a las librerías existentes se puede elaborar la pinza robótica sin dificultades aparentes.

Al ser un proyecto con el único fin de demostrar las diversas utilidades que tiene el código SDK, se trata de una investigación bastante restrictiva y específica al ser ligado a una pinza robótica y no se piensa en las futuras

aplicaciones que se podrían desarrollar. Por otro lado, se debería profundizar el estudio del código SDK para realizar un proyecto mucho más completo y crear un brazo robótico en el que se tendría que implementar un mayor número de articulaciones con el objetivo de mover cada uno de los servomotores que lo componen, a fin de imitar los movimientos de un brazo humano, en lugar de las dos articulaciones utilizadas en la pinza.

3.2 Diseño e implementación de un sistema para el análisis del movimiento humano usando sensores Kinect.

Chuya, Cuenca y Delgado (2013), realizaron la investigación titulada: *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO HUMANO USANDO SENSORES KINECT*, que consta de tres etapas: captura de movimiento, reconstrucción y animación digital.

En este estudio, se utilizan 4 sensores Kinect: para la captura de movimiento se usa un arreglo de dos dispositivos Kinect (Figura 3.2), permitiendo capturar los movimientos mediante 20 puntos que representan las articulaciones que forman el esqueleto del usuario; para la reconstrucción digital se utiliza dos dispositivos Kinect (Figura 3.3) y la librería Kinect Fusión del SDK 1.7 de Microsoft.

Los datos recibidos por los cuatro dispositivos Kinect, son guardados en archivos .OBJ y .BVH para realizar el proceso de modelado y animación tridimensional en la plataforma Blender (Software para animación y creación de gráficos tridimensionales). Para que el modelo tridimensional imite los movimientos que realiza el usuario, es necesario una comunicación Open Sound Control (Protocolo de comunicación que interconecta diferentes aplicaciones en un sistema) que transmite la información en el espacio del sujeto.

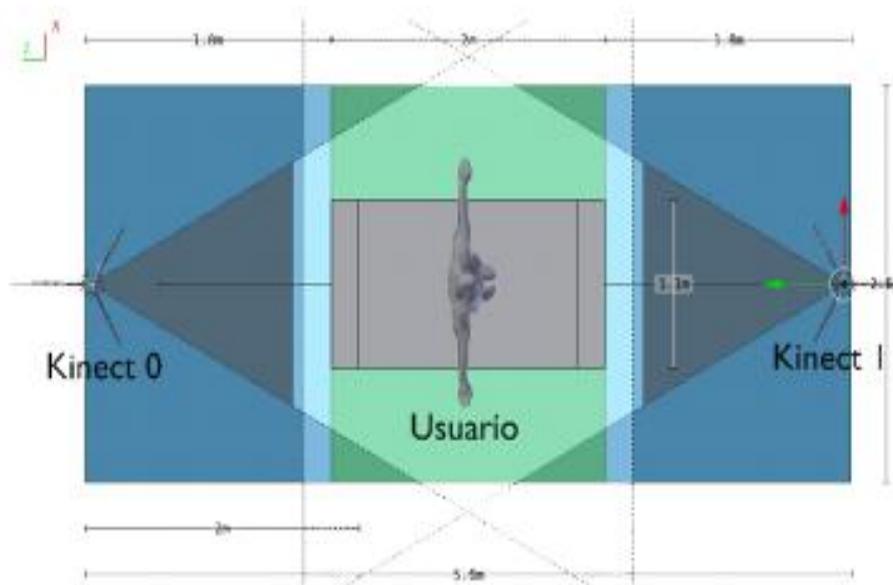


Figura 3. 2 Kinect para captura de movimiento.

Tomada de: (Chuya Sumba, Cuenca Guaraca, & Delgado Guaraca, 2013)

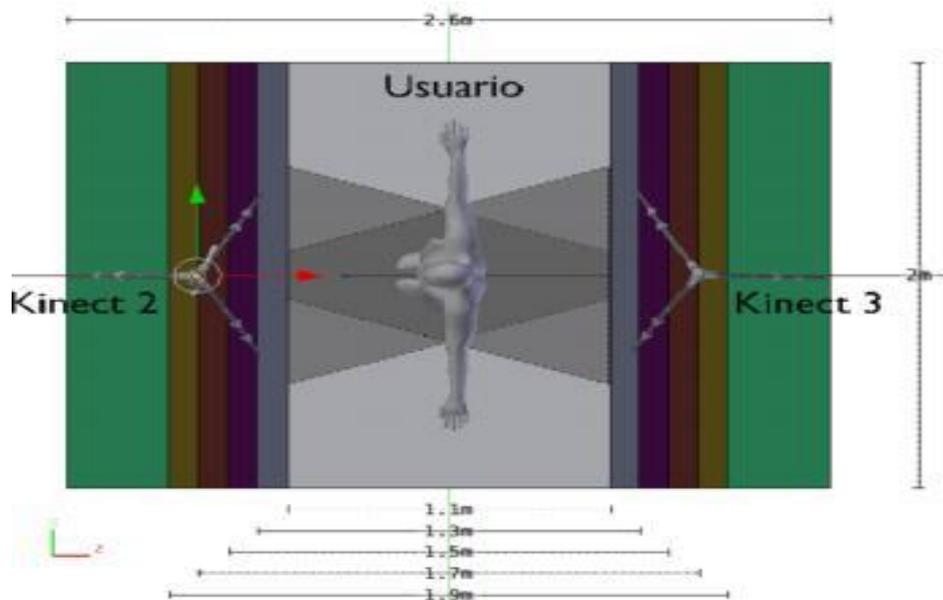


Figura 3. 3 Kinect para reconstrucción digital.

Tomada de: (Chuya Sumba, Cuenca Guaraca, & Delgado Guaraca, 2013)

El proyecto utilizó un modelo biomecánico de 7 segmentos, basándose en los movimientos que realiza el cuerpo humano sobre los planos: Sagital, transversal y frontal, permitiendo el planteo de un modelo cinemático. Al dividir

en 3 bloques (captura, reconstrucción, modelado y animación) la arquitectura del software a desarrollar se facilita con el uso y manejo de la información proporcionada por los dispositivos Kinect.

Los desarrolladores de este proyecto, rempazan a los laboratorios especializados para la captura de movimientos, al no ser realizado para un fin específico que permita plantearse la posibilidad de ser utilizado en la detección de anomalías corporales, gracias a esto se podría sustituir las exploraciones físicas realizadas por los médicos. Además se puede utilizar para mejorar el rendimiento físico de deportistas, ya que gracias a la detección del movimiento se puede llevar a cabo un estudio de la técnica que se emplea y mejorarla, dándole un mayor rendimiento y mejores resultados, asimismo se puede utilizar para el reconocimiento de personas y la creación de películas animadas en 3D dándoles un mayor grado de realismo con la detección de movimientos y por otro lado dando una gran reducción de coste en comparación a los laboratorios especializados en la captura de movimientos.

3.3 Implementación de una habitación con un sistema de asistencia para discapacitados usando un sensor Kinect.

La investigación realizada por Quishpe y Ulloa (2014), titulada: *IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE UNA HABITACIÓN CON UN SISTEMA DE ASISTENCIA PARA DISCAPACITADOS, MEDIANTE EL USO DE UN SENSOR DE INTERFAZ NATURAL DE USUARIO KINECT DE MICROSOFT*, permite que se pueda implementar una habitación con un sistema de asistencia para discapacitados, que registre el movimiento y voz del cuerpo humano a través del sensor Kinect de Microsoft.

Este trabajo, tiene como objetivo permitir que personas con discapacidad tengan el control de una habitación mediante un sistema domótico el cual daría una mayor calidad de vida. El sistema mediante la voz y gestos del usuario, permite el control de: intensidad de luces, apertura y cierre de puertas, ventanas, persianas y el grado de inclinación de la cama (Figura 3.4).



Figura 3. 4 Sistema domótico.

Tomada de: (Quishpe Tutillo & Ulloa Jácome, 2014)

El proyecto fue desarrollado con lenguaje de programación C# y SDK de Kinect, lo que permitió obtener los tres tipos de señales que Kinect es capaz de conseguir (imágenes, ubicación y audio). Para reconocer la voz del usuario se debe configurar parámetros como: tipo de modulación, número de muestra por segundo, canal del sensor y los bytes que se transmiten del lado el sensor.

Para el reconocimiento de imágenes, se debe establecer la resolución y muestras que adquiere por segundo, las cuales son requeridas para reconstruir y mostrar en el ordenador la imagen del entorno a la que esta direccionada la cámara RGB. El sensor de movimiento trabaja en conjunto con la cámara RGB, Kinect es capaz de extraer las coordenadas de 20 diferentes puntos, para este proyecto se utilizó las coordenadas horizontal y vertical del codo y la mano derecha del usuario.

Gracias a los comandos de voz: Puerta, ventana, luces, persianas, altura de cama y espaldar cama, el usuario es capaz de entrar a la interfaz para ver qué acción se puede realizar en cada uno de los ítems existentes en la habitación,

con el fin de controlar el movimiento se necesita otro comando de voz para comenzar y finalizar la acción deseada, por otro lado, con el reconocimiento de movimientos se puede dirigir la intensidad de lo que se va a realizar como por ejemplo, dirigir los grados de inclinación de la cama. Para una mayor facilidad de uso no sería recomendable añadir más comandos de voz ya que esto podría causar confusiones y un grado de complejidad mayor. En la elaboración del proyecto se puede apreciar que la mayor dificultad es cuando envían una instrucción al sistema o se está hablando normal, esto causaba que el sistema se activara de manera involuntaria produciendo un mal funcionamiento y molestias en los usuarios. Para solucionar este fallo se procede a implementar la nueva versión de Kinect 2.0, el cual posee un micrófono con tecnología de eliminación de ruido ambiente.

La realización del proyecto tiene un gran futuro ya que permitirá dar una mayor calidad de vida a las personas con discapacidades, por otro lado, se tendría que realizar un estudio para cada persona con el objetivo de tener un mejor diseño y acomodarse a las necesidades específicas de cada usuario.

3.4 Reconocimiento de movimientos del cuerpo humano basado en tecnología Kinect.

Pérez (2014), en su trabajo titulado: *RECONOCIMIENTO DE MOVIMIENTOS DEL CUERPO HUMANO BASADO EN TECNOLOGÍA KINECT*, el cual está basado en implementar una interfaz de comunicación entre el Kinect y el PC para poder reproducir los movimientos de una persona.

Para crear interfaz de comunicación se utiliza Processing (Figura 3.5), que es un software libre basado en Java, el cual tiene líneas de comando cortas. Y todas las librerías para trabajar con Kinect se las puede conseguir en la comunidad de Processing, estas librerías son líneas de código java que se empaquetaron en un archivo jar.



Figura 3. 5 Interfaz desarrollada con Processing.

Tomada de: (Pérez Montenegro, 2014)

La autora concluyó, que con la utilización de Processing y sus respectivas librerías puede reproducir los movimientos que las personas realizan y son capturados por Kinect. El sistema desarrollado no logra reproducir los movimientos de manera perfecta, la distancia para procesar las imágenes debe estar en un rango de 1.50 metros a 2 metros.

Debido a que este proyecto, solo se centra en lo investigativo y que sirva como una base para futuros proyectos. La autora logra realizar la imitación de los movimientos del cuerpo humano utilizando el sensor Kinect. Su principal inconveniente se presentó al capturar las imágenes ya que depende de la distancia entre el usuario y el sensor. Para la mejora de este sistema, se debería tener la motivación de satisfacer una necesidad o solucionar un problema, por ejemplo hacer una implementación en el campo de la salud en la parte de rehabilitaciones físicas. Asimismo, se debe aprovechar de mejor manera la fácil concatenación de Processing con Arduino ya que es un código compacto que facilita la programación.

3.5 Diseño e implementación de un sistema de control para el robot móvil P3-AT por medio de gestos manuales.

Veintimilla (2015), en su trabajo: *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA EL ROBOT MÓVIL P3-AT POR MEDIO DE GESTOS MANUALES*, detalla cómo se construyó una relación entre un usuario y un robot móvil a través de una red cliente servidor inalámbrica utilizando el sensor Kinect.

El cliente PC, está conectado a un sensor Kinect para reconocer los gestos manuales del usuario, el cliente está conectado a través de wifi a un servidor que procesa los comandos y movimientos (Figura 3.6). El servidor realiza comparaciones con la información enviada y ejecuta los movimientos.

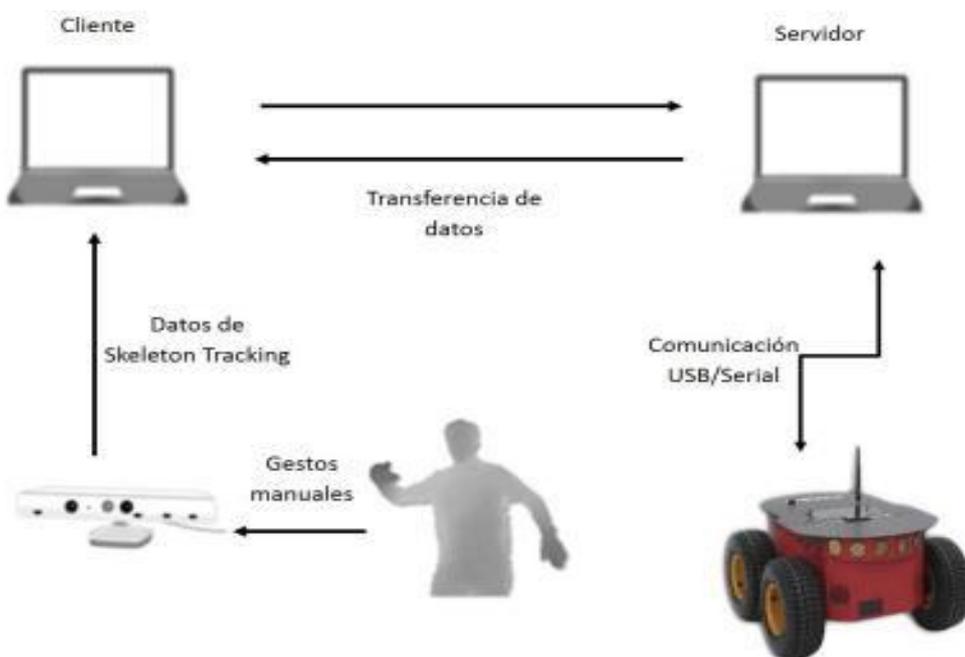


Figura 3. 6 Elementos del sistema para el control del robot P3-AT.

Tomada de: (Veintimilla Campoverde, 2015)

Para el servidor se utilizó programación en lenguaje C++ y la librería ARIA (Exclusiva de Robots Pioneer), este servidor debe ser montado en un computador tipo Laptop el cual se ubica en la plataforma del robot Pioneer P3-AT, la comunicación entre el robot y el computador es a través de un cable USB a serial.

Esta investigación, dedujo que la utilidad de los sensores de profundidad es muy amplia, pero la cámara y el sensor de profundidad tienen limitantes ya que si el usuario está muy cerca o muy lejos, los datos obtenidos serán erróneos, haciendo que el robot se mueva de una forma irregular y errática.

El proyecto presentado por los autores, se puede apreciar un gran énfasis en la relación entre el usuario y un robot móvil, para ello se utiliza el sensor Kinect con el cual se logra reconocer los gestos manuales del usuario y son trasladados al robot que ejecuta movimientos de desplazamiento. En la realización del proyecto se pudo determinar que los sensores de profundidad tienen límites, ya que estos producían fallos y causaban que el robot se mueva de forma errónea. Por otro lado, en la realización de los giros se recomienda que no superen los 90 grados ya que esto provoca problemas entre el servidor y el robot debido a la cantidad de información procesada. La creación de este tipo de robot, augura un gran futuro ya que la siguiente evolución lógica sería darle el rol de acompañante, algo que actualmente tiene una gran demanda para las personas con discapacidades y de tercera edad; este tipo de robot facilitaría su día a día, ayudándoles en tareas comunes del hogar.

3.6 Desarrollo de un sistema de aprendizaje interactivo para el área del idioma inglés con el soporte del Kinect de Microsoft- caso práctico para niños de 6 a 8 años en el centro educativo Ilinizas.

El trabajo realizado por Peñaherrera (2014), titulado: *DESARROLLO DE UN SISTEMA DE APRENDIZAJE INTERACTIVO PARA EL ÁREA DEL IDIOMA INGLÉS CON EL SOPORTE DEL KINECT DE MICROSOFT- CASO PRÁCTICO PARA NIÑOS DE 6 A 8 AÑOS EN EL CENTRO EDUCATIVO ILINIZAS*, tiene como objetivo desarrollar un sistema de aprendizaje interactivo para Kinect que ayude al aprendizaje de los estudiantes en el idioma inglés.

En esta aplicación, para la creación de la interfaz se utilizó Microsoft Visual Studio, y varios controles de KinectTileButton (propios de la librería de SDK), generando un código que incorpore las características de los elementos incluidos en la interfaz (Figura 3.7).

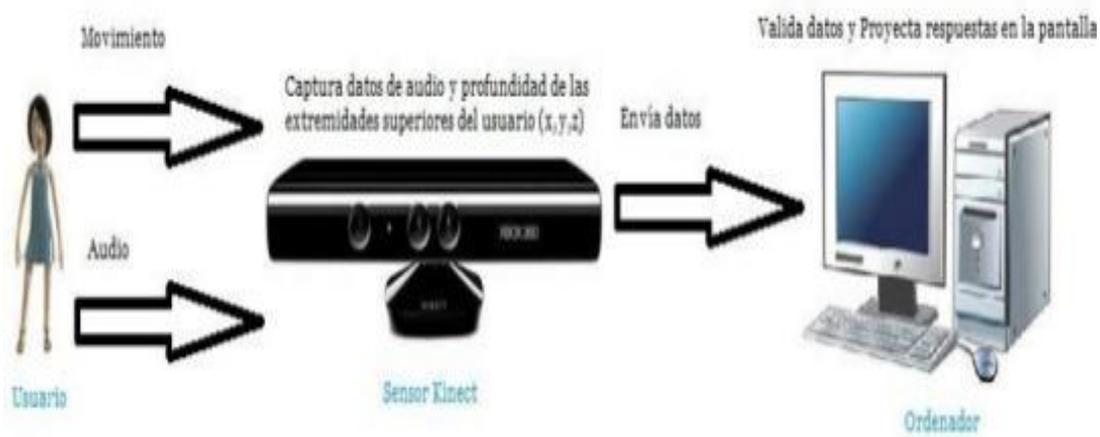


Figura 3. 7 Elementos del sistema de aprendizaje.

Tomada de: (Peñaherrera Sandoval, 2014)

Una vez finalizado el desarrollo de la aplicación, se ha implantado un sistema de aprendizaje con el sensor Kinect siguiendo la estructura del ciclo de la vida (en Cascada), este nuevo método de aprendizaje es interactivo para niños de 6 a 8 años en el área del idioma inglés.

El proyecto se enfoca en el área de la educación, con el cual se busca facilitar la comprensión de inglés en niños que se encuentran entre las edades de 6 y 8 años mediante el aprendizaje interactivo con la ayuda de Kinect. El sistema captura los movimientos de la mano para la navegación en la interfaz, con ello se consigue un mayor interés en los niños para facilitar el aprendizaje. Por otro lado, el reconocimiento de voz presentó problemas ya que se tiene que calibrar de una manera óptima para la voz de los niños. La aplicación podría tener un mejor desempeño si se implementa la utilización de todo el cuerpo humano, lo que generaría más temas de aprendizaje y un mayor interés en los usuarios, además se podrían estudiar otros ámbitos no solo idiomas, como por ejemplo: anatomía ya que gracias a Kinect se reconoce todo el cuerpo humano.

3.7 Desarrollo e implementación de un algoritmo para detección de objetos con tecnología Kinect.

En el trabajo realizado por Velasco (2013), que tiene como tema: *DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO PARA*

DETECCIÓN DE OBJETOS CON TECNOLOGÍA KINECT, desarrolló un algoritmo para la detección de obstáculos utilizando un sensor Kinect, el cual tiene una salida de audio sobre la información procesada.

Este proyecto, está orientado para personas con discapacidades visuales para facilitar su desplazamiento. En la creación del algoritmo, que es capaz de identificar los obstáculos presentes (Figura 3.8) y emitir una señal auditiva de esta información, fue necesario la utilización del siguiente software: LabVIEW 2011 con NI Vision Development Module, Kinect SDK 1.5, Microsoft. NET Framework 4.0, Microsoft Speech SDK, Voz adicional en español para Text to Speech.

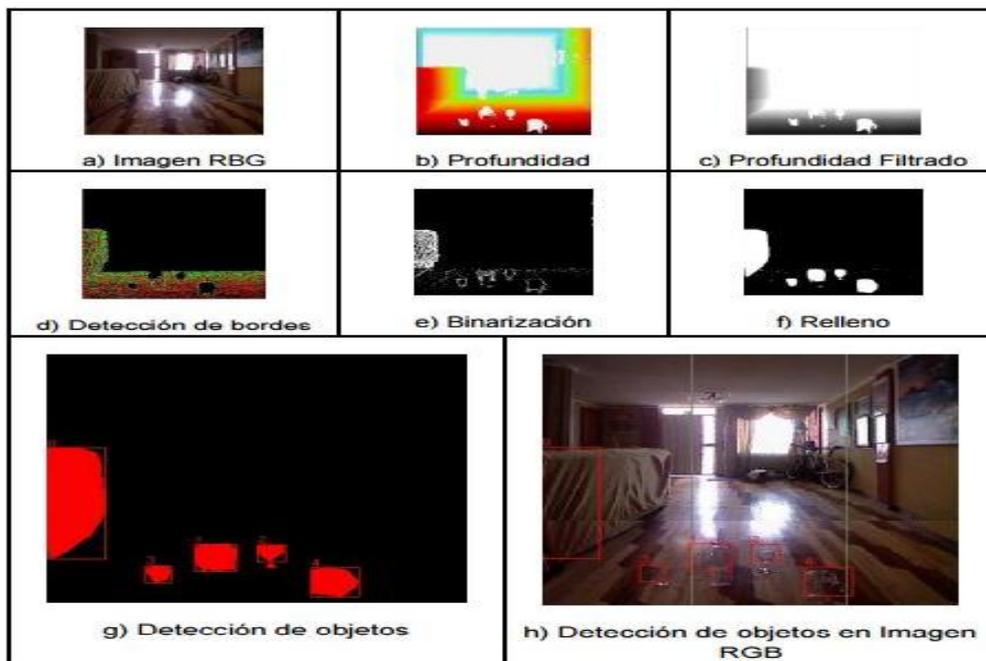


Figura 3. 8 Imágenes captadas por el algoritmo de detección de objetos.

Tomada de: (Velasco Erazo, 2013)

En este trabajo se concluyó, que el algoritmo puede detectar objetos de forma circular, rectangular, cilíndrica y de formas irregulares que estén compuestos de materiales como plástico, cuero, tela, cartón y porcelana. La mayor efectividad del algoritmo se da cuando los objetos no presentan características de transparencia o reflectancia.

En la implementación de un sistema para la detección de objetos, se puede apreciar que se realiza un algoritmo capaz de identificar obstáculos con la ayuda de Kinect. El algoritmo es capaz de detectar objetos con formas: circulares, rectangulares, cilíndricas y formas irregulares. Por otro lado, presenta problemas con la detección de objetos cuando estos son transparentes o presentan reflectancia. Este software puede ser utilizado para ayudar a personas invidentes, ya que emite una señal auditiva cuando identifica un obstáculo. Este sistema podría reemplazar a otros métodos de detección de objetos que resultan costosos. Además, se podría manejar un arreglo de dispositivos Kinect para tener un mayor rango de cobertura.

3.8 Sistema de seguridad inteligente basado en reconocimiento de patrones mediante tecnología Kinect para restringir el acceso no autorizado a consolas de administración y monitoreo.

Ayala y Guerrero (2013) plantearon el tema: *SISTEMA DE SEGURIDAD INTELIGENTE BASADO EN RECONOCIMIENTO DE PATRONES MEDIANTE TECNOLOGÍA KINECT PARA RESTRINGIR EL ACCESO NO AUTORIZADO A CONSOLAS DE ADMINISTRACIÓN Y MONITOREO*, que tiene como objetivo la implementación de un prototipo con un módulo de reconocimiento de gestos los cuales serán captados con un sensor Kinect.

En el prototipo planteado se utilizará: un dispositivo Kinect para la visualización del usuario, una base de datos SQL Server Express 2008 R2 para guardar la información de usuarios enrolados y para efectuar el reconocimiento del usuario se utilizará la función LockWorkStation (Función de la librería de Microsoft Windows, la cual bloquea la pantalla de la estación de trabajo).

El algoritmo del prototipo, consiste en identificar las articulaciones de un usuario que se encuentre en el área de reconocimiento del sensor Kinect (Figura 3.9), con lo que se generará un esqueleto con sus articulaciones y se identificará la posición tridimensional de las juntas y la distancia entre ellas, con esta información se realizará una comparación con los datos guardados en

la base de datos de los usuarios enrolados. Si se encuentra un 98% de exactitud se desbloqueará el PC, caso contrario se bloquea.

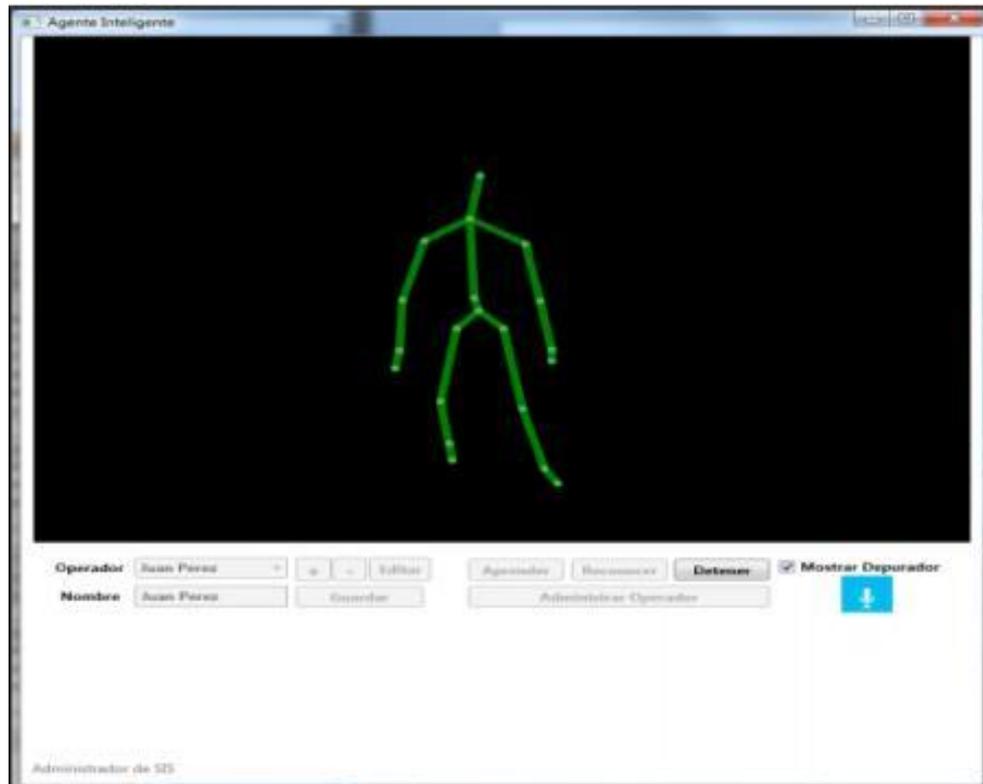


Figura 3. 9 Identificación del esqueleto y sus articulaciones.

Tomada de: (Ayala Cajas & Guerreiro Hidrovo, 2013)

De este trabajo, se puede destacar que el algoritmo luego de un proceso de aprendizaje llegó a un nivel de confiabilidad de 92%, tras realizar 240 iteraciones, y que ofrece seguridad de manera robusta en ambientes de total oscuridad al contar con un sensor de infrarrojos que está integrado en el dispositivo Kinect.

El proyecto se basa en reconocer patrones mediante la tecnología Kinect, realizando un mayor enfoque en la captura de los puntos de referencia del cuerpo humano, ya que utiliza este reconocimiento para proceder al desbloqueo del computador, al tratarse de un proyecto con fin abierto su implementación puede ser de lo más diversa, por otro lado, se recomendaría actualizar la versión del Kinect, aumentar el número de puntos de referencia

para incrementar el grado de confiabilidad y seguridad y por último configurar el programa para el reconocimiento de voz.

3.9 Control de un Robot Bípedo humanoide en un Espacio 3D Mediante El Sensor Kinect.

En el estudio realizado por Araujo y Tipan (2015), titulado: *CONTROL DE UN ROBOT BIPEDO HUMANOIDE EN UN ESPACIO 3D MEDIANTE EL SENSOR KINECT*, donde se busca lograr el movimiento de un robot en un terreno plano generando 8 secuencias de movimientos: Adelante, atrás, paso izquierdo, paso derecho, giro izquierdo, giro derecho, levantar frente (si el robot cae boca abajo podrá levantarse), levantar espalda (si el robot cae boca arriba podrá levantarse).

Este trabajo, lleva como objetivo la réplica de movimientos del usuario, gracias al SDK que lleva el Kinect, el cual posibilita manipular hasta 20 puntos de articulaciones del usuario, ubicando la silueta del cuerpo del usuario extrayendo la ubicación tridimensional de diversos puntos del cuerpo, los datos de profundidad permiten identificar el rango de píxeles de la persona a través del sensor del Kinect, cada uno de estos píxeles dentro de los datos representa la distancia entre el sensor y el objeto; con el reconocimiento de voz se configuran varios parámetros con respecto al formato de codificación, el formato para audio escogido es el PCM (Pulse Code Modulation). El sensor Kinect a través del micrófono recepta las muestras de sonido, extrae y compara las palabras que contienen dichas muestras, empleando métodos SreSpeechRecognized y SpeechRecognizer, los cuales encuentran en el archivo XML palabras similares.

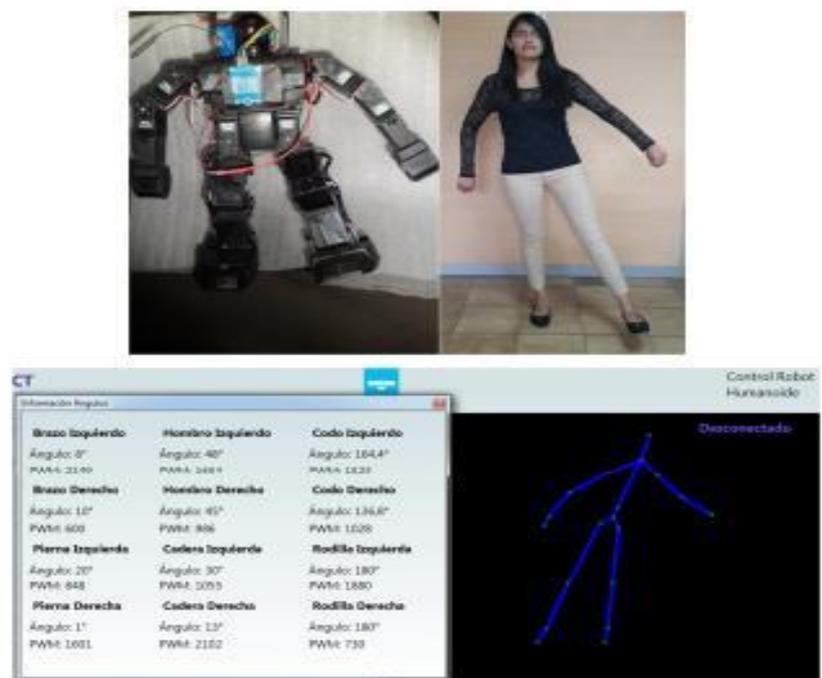


Figura 3. 10 Interfaz desarrollada.

Tomada de: (Araujo Vásquez & Tipán Riofrío, 2015)

Ya en las pruebas, mediante el uso de un graduador, se tomó el ángulo del robot y el usuario, demostrando así que en todas las extremidades del robot y el usuario no son tan precisas en cuestión de ubicación (Figura 3.10).

En el modo controlar, el tiempo que el robot demora en realizar la acción que ejecuta el usuario, no es instantáneo, tiene una demora; el modo mover es más rápido que el modo controlar, habiendo no tanta diferencia con un tiempo de respuesta casi instantáneo.

Los autores concluyeron, que el Kinect aparte de ser un excelente complemento del Xbox en cuestión de Videojuegos, permite el desarrollo de nuevas aplicaciones para la robótica, los resultados obtenidos determinan que se podría mejorar la precisión y los tiempos de reacción del robot con uno más especializado. Kinect permite una interacción más amigable y entretenida por parte del usuario, mejorando su experiencia. Para las personas con capacidades diferentes sería más tedioso el control de estos robots si en Kinect no contara con comandos de voz.

El trabajo, logró replicar los movimientos del cuerpo humano utilizando sus dos modos: modo imitar y modo controlar, con lo cual se dio un paso hacia el futuro para generar nuevas investigaciones. Por otro lado, el proyecto presentó inconvenientes con el controlador original del robot ya que tiene un código cerrado, para la solución de este problema se reemplazó por un controlador de código abierto USC-3. Para la mejora del proyecto se recomienda la utilización de un robot de mayor tamaño, lo que facilitaría la ejecución de tareas cotidianas, esto ayudará al desarrollo de nuevas tecnologías las cuales servirían para aumentar la calidad de vida de las personas con discapacidades.

3.10 Diseño e implementación de un sistema de control automático para un robot imitador en una plataforma humanoide mediante adquisición y procesamiento digital de imagen y video.

Parra (2013), plantea el siguiente trabajo: *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA UN ROBOT IMITADOR EN UNA PLATAFORMA HUMANOIDE MEDIANTE ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMAGEN Y VIDEO*, que tiene como objetivo la utilización de la cinemática inversa para realizar el control de una humanoide RoboPhilo (Figura 3.11) capaz de mover brazos y piernas.



Figura 3. 11 RoboPhilo.

Tomada de: (Parra Romo, 2013)

La cinemática inversa, consiste en determinar los valores que deben tomar las articulaciones del robot para que se sitúe en una determinada posición, con la

utilización de SolidWorks (Software de diseño asistido por computadora) se puede analizar los movimiento y los ángulos necesarios para la operación del humanoide RoboPhilo.

El sistema de control desarrollado tiene dos modos: Modo suspendido para mover las extremidades inferiores y superiores, y otro modo planicie en el cual las extremidades inferiores se encuentran fijas y solo se mueven las extremidades superiores.

La captura de imágenes se la realiza a través de Kinect, información que es enviada mediante comunicación inalámbrica Xbee (módulo de radio) a una placa de desarrollo Axon II, la cual utiliza lenguaje de programación C. Para los algoritmos de cinemática se utiliza C# compatible con SDK de Kinect, AVR Studio 6.0 (plataforma de desarrollo integrado), es el software para la implementación en la plataforma del robot humanoide; el lenguaje de programación utilizado en la creación de la interfaz del sistema de control es C# (Figura 3.12).



Figura 3. 12 Interfaz desarrollada.

Tomada de: (Parra Romo, 2013)

De esta implementación, se puede destacar que los cálculos de cinemática inversa tienen un 98% de exactitud en modo suspendido, lo que permitió que el

robot imitador sea funcional, capaz de reproducir los movimientos básicos de una persona en tiempo real, además de la obtención de una placa de desarrollo que sirve como base para futuros proyectos.

En este trabajo, se busca crear un robot imitador con la utilización de cinemática inversa. El sistema tiene dos modos: el primero, modo suspendido, el robot es capaz de mover las extremidades inferiores y superiores; el segundo modo, el robot solo es capaz de mover las extremidades superiores. Para la realización del proyecto se utiliza Kinect y lenguaje de programación C# compatible con SDK. El robot es capaz de reproducir los movimientos de una persona con un 98% de acierto. Por otro lado, se podría añadir un control de equilibrio ya que con esto el robot sería capaz de caminar. Además para sacar mayor provecho se tendría que proceder a configurar la parte auditiva de Kinect ya que se podría manejar al robot mediante comandos de voz específicos tales como: manos arriba, manos abajo, mano derecha arriba, mano derecha abajo, etc.

3.11 Control de movimiento de un quadrotor mediante un sensor de profundidad Kinect.

El estudio realizado por Almendariz y Nogales (2014) titulado: *CONTROL DE MOVIMIENTO DE UN QUADROTOR MEDIANTE UN SENSOR DE PROFUNDIDAD KINECT*, en el cual modelan el quadrotor y lo integran al sensor Kinect a través de un modelo matemático que considera tres dimensiones.

Se consideran condiciones iniciales cero para las características de vuelo del Parrot Ar Drone 2.0. Para el modelo matemático se lo deriva de las Leyes de Newton, el origen de del sistema de coordenadas es X, Y, Z; dirección de giro positiva W_i , fuerza positiva (empuje) T_i , torque positivo M_i ; para todas las hélices del quadrotor (Figura 3.13).

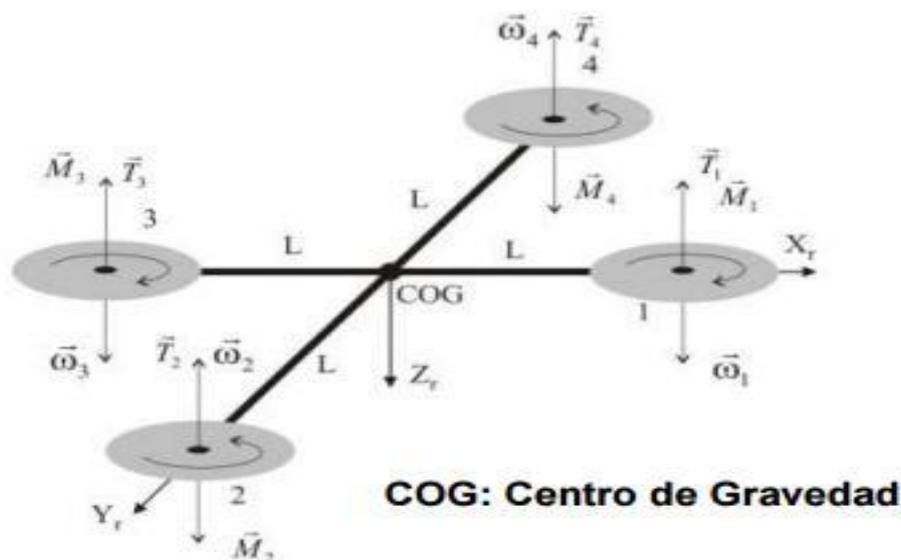


Figura 3. 13 Diagrama de fuerzas.

Tomada de: (Almendariz Haro & Nogales Romero, 2014)

El programa de control está construido por una interfaz GUI, desarrollada en Matlab (Software matemático de entorno de desarrollo integrado), en el cual se ejecutarán 2 modelos en Simulink (entorno de programación visual que funciona sobre MATLAB): el primero considera la acción de control para el quadrotor, el segundo la generación del punto de control de posición para el movimiento del quadrotor. La comunicación entre el Parrot AR Drone 2.0 y el computador se la realizará vía Wifi.

Esta investigación concluyó, que los valores del punto de control de posición está sujeto a errores de medición del sensor de profundidad de Kinect, la calidad de la luz puede afectar la captación de los movimientos. La plataforma Parrot AR Drone 2.0 tiene una gran versatilidad, debido a su hardware compacto y estabilidad de vuelo. Los errores obtenidos en posiciones de los ejes X, Y, se originan debido a la velocidad de captación de la cámara de la plataforma.

El proyecto fue diseñado para la plataforma Parrot Ar Drone 2.0, se puede observar que se realiza un mayor énfasis en la parte matemática para poder conseguir que el quadrotor vuele. Por otro lado, se utiliza el sensor Kinect para realizar el control del dron, todos los análisis en la realización del proyecto

fueron diseñados en función de las características del mismo, lo cual produce grandes desventajas, ya que si se requiere implementar este sistema en otro quadrotor se tendrían que realizar todos los cálculos desde cero.

Para una mayor optimización, se tendrían que crear algoritmos que sean capaces de generar los análisis matemáticos para cualquier quadrotor y así poder aplicar el sistema. Por otro lado, para mitigar las fallas en la captación de movimientos se debería mejorar la cámara o programar para una menor velocidad de fotogramas por segundo, así la captación de movimientos se realizaría de una manera mucho más óptima y no generaría errores.

Finalmente, el proyecto tiene un gran futuro ya que se puede utilizar en la realización de mapas topográficos, lo cual supondría un gran ahorro en costos, al sustituir los vuelos de helicóptero. Además, se puede utilizar en el rescate de personas en áreas de difícil acceso.

3.12 Diseño e implementación de un prototipo a escala de robot móvil acompañante.

En el estudio realizado por Mesías y López (2012) llamado *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO A ESCALA DE ROBOT MÓVIL ACOMPAÑANTE*, básicamente lo que hace es que el robot de compañía siga al usuario sin hacer caso omiso a las otras personas que estén dentro del campo visual en relación de lo que implica seguirlo.

Cuando los sensores del robot detectan que está a punto de colisionar el robot se detiene o cambia de ruta parcialmente del camino que este siguiendo, si la persona que es seguida por el robot sale del campo visual del Kinect, este se queda quieto. Si es así, el Kinect analizará a las demás personas esperando encontrar a la que debe seguir, en la interfaz se mostrará de un color azul la silueta del usuario, si no es una persona registrada se mostrará de un color gris, y cuando se encuentran siguiendo a la persona la mostrará de un color naranja (Figura 3.14).

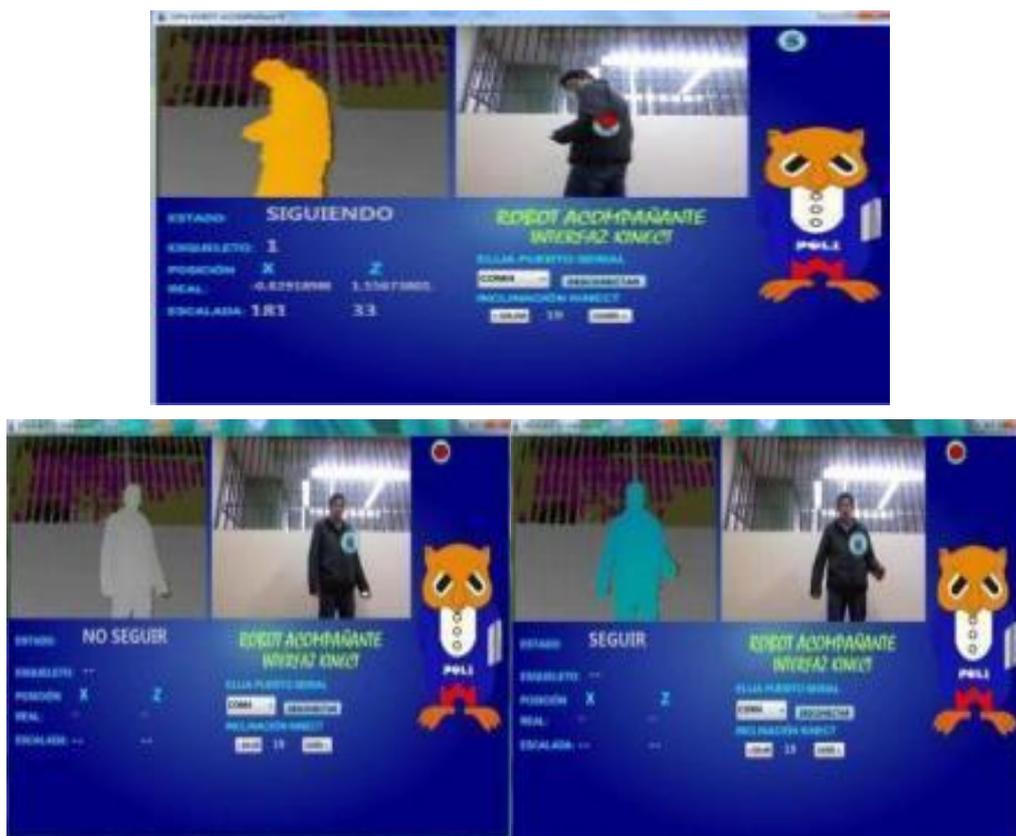


Figura 3. 14 Interfaz desarrollada.

Tomada de: (Mesías Ulloa & López Molina, 2012)

Se implementa la aplicación en una computadora para Windows 7, desarrollada en el programa Visual Studio en lenguaje C# (C Sharp), usando las herramientas instaladas con el paquete Kinect para Windows SDK. El microcontrolador utilizado permite ejecutar acciones según la información que recibe desde el ordenador mediante datos del sensor del Kinect.

El robot que utilizaron para realizar las pruebas lo construyeron Mesías y López y lo denominaron “Robot de Compañía” (Figura 3.15) el cual consta de 3 partes: Cuerpo principal (aquí van motores, tarjetas de control y baterías), gabinete para computadora y gabinete para carga; se utilizaron materiales como: tableros de fibra de media densidad por su resistencia mecánica, llantas de vehículo inflables por su gran agarre y peso disminuyendo así posibilidades de deslizamientos en lugares con poca o casi nada de fricción como lo son pisos encerados o baldosas.



Figura 3. 15 Robot de Compañía.

Tomada de: (Mesías Ulloa & López Molina, 2012)

Se realizaron pruebas en interiores con buenos resultados antes de sacarlo al público, una vez resueltos a sacarlo al público decidieron arriesgarse un poco más ya no solo probándolo en ellos mismo, si no en personas que transitaban en supermercados y centros comerciales. Lo probaron con personas de todas las edades dando excelentes resultados, logrando así satisfacer su meta, el robot móvil “Robot de compañía” alcanzó una velocidad de 1m/s.

En este proyecto, se construye un robot móvil con la capacidad de seguir a una persona. Por lo tanto se hace un mayor enfoque en la construcción del robot y en él se integran los sistemas de Kinect para la identificación de personas y demás componentes para su óptimo funcionamiento. Los desarrolladores logran cumplir su objetivo, ya que se realizaron pruebas en lugares abiertos y el robot fue capaz de seguir a la persona asignada sin problemas aparentes. Por otro lado, para una mayor aceptación del público, se tendría que realizar una interfaz de control más amigable y estudiar la implementación de piernas robóticas para evitar obstáculos o poder subir escalares, asimismo tiene un gran campo de implementación al servir de soporte a personas con discapacidades físicas o de edades avanzadas.

3.13 Diseño y construcción de un prototipo de robot cuatricar.

En el estudio realizado por Leoro y Romero (2013) llamado: *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE ROBOT CUATRICAR ASISTENTE DE SIMPLE TRACCIÓN CON SEGUIMIENTO DE ESQUELETO POR MEDIO DEL DISPOSITIVO DE ADQUISICION Y PROCESAMIENTO DE IMÁGENES MICROSOFT KINECT*. Tiene como objetivo construir un robot asistente para personas que se encuentran en silla de ruedas, actualmente el 13.2% de la población ecuatoriana tiene una discapacidad o requieren cuidados especiales, el robot a construir lo denominan “RAD4-23” (Robot asistente para discapacitados), este robot consta de: motores, llantas delanteras y traseras, estructura, cajas reductoras, controlador de motores, estructura.

El RAD4-23 (Figura 3.16), tiene ciertas características como sus dimensiones que son de 1mx1.4mx0.72m. Su velocidad es de 0.67 m/s. Su voltaje de 12 VDC, usa corriente de 10.7, autonomía de 1.75 horas y un peso de 41 kg.



Figura 3. 16 RAD4-23.

Tomada de: (Mendoza Leoro & Romero Aguilar, 2013)

Para la programación del software de control del RAD4-23 se utilizaron los siguientes paquetes y herramientas de programación:

- Microsoft Visual C# 2010 Express.
- Paquete de idioma para Kinect (Kinect Speech Language Pack es-MX).
- Herramientas para Kinect de Coding4Fun (Coding4fun Kinect Toolkit).
- Herramientas de desarrollo de Kinect (Kinect Developer Toolkit v1.5.2).
- Software de desarrollo para Kinect (Kinect SDK v1.5).
- lenguaje C#.

En cuanto al seguimiento de esqueleto se puede hacer en: resolución de 640x480 a 30 Fps. Se habilita el modo de seguimiento de esqueleto, seguimiento sentado, se inicia el sensor de Kinect.

El robot cuatricular desarrollado, tiene el fin de ser asistente para personas con discapacidades. Este robot está pensado para seguir al usuario y servir de soporte, con esto se busca facilitar las acciones de la vida cotidiana; se realiza un gran énfasis en la utilización del sensor Kinect y en las herramientas de programación, con el fin de realizar una identificación correcta del usuario. Para una mayor aceptación se tendría que trabajar en la interfaz del robot y hacerlo más amigable para el usuario. Por otro lado, se podrían implementar comandos de voz que permitan el control del robot y no solo la detección del usuario.

3.14 Diseño e implementación de un sistema de navegación para asistencia de personas no videntes.

Ortega y Sánchez (2016) en su trabajo: *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE NAVEGACIÓN PARA ASISTENCIA DE PERSONAS NO VIDENTES*, desarrollan un prototipo que se complementa al bastón de las personas no videntes, para ayudar a detectar los obstáculos con visión artificial.

Este sistema se lo realiza con el sensor Kinect, el cual se lo acopla a un casco industrial para que provea una imagen a color y de profundidad a un máximo de 30 fps (frames per second) del medio que lo rodea y ésta será procesada en el computador a través del software LabVIEW, y con la ayuda del algoritmo de fuerza ficticia se podrá identificar el obstáculo para establezca las instrucciones

de un camino libre de tropiezos, las mismas que serán emitidas por bluetooth al mini Headset y reproducidas mediante mensaje de audio al usuario.

Adicionalmente, los autores implementaron un sistema de vibración colocado en un chaleco (Figura 3.17), que valdrá de apoyo para prevenir al usuario sobre obstáculos cercanos; al cual se le añadirá un pulsador de interacción que permitirá escuchar las instrucciones de uso del sistema, para que la persona tenga un mayor control al momento de activar y desactivar el envío de mensajes de audio.



Figura 3. 17 Adaptación del sistema de vibración del chaleco.

Tomada de: (Ortega & Sánchez, 2016)

Para la implementación del prototipo (Figura 3.18), se necesitó de dos elementos de control como: el computador y el microcontrolador Atmega 8 que realiza la información mediante comunicación serial a partir de sus dos interrupciones externas y salidas digitales, las cuales reciben la señal del pulsador de interacción para que active los motores de vibración cuando le indique la señal enviada por el computador; un casco industrial, un sensor Kinect que se encarga de la adquisición de la imágenes, un mini Headset KCH-850 que es el dispositivo mediante el cual el usuario escuchará los mensajes de audio, módulos de control para la activación de los motores de vibración, fuentes de alimentación que consta de una batería LiPo para que suministre la energía y el chaleco con sujeciones para incorporar los elementos electrónicos que sean necesarios.

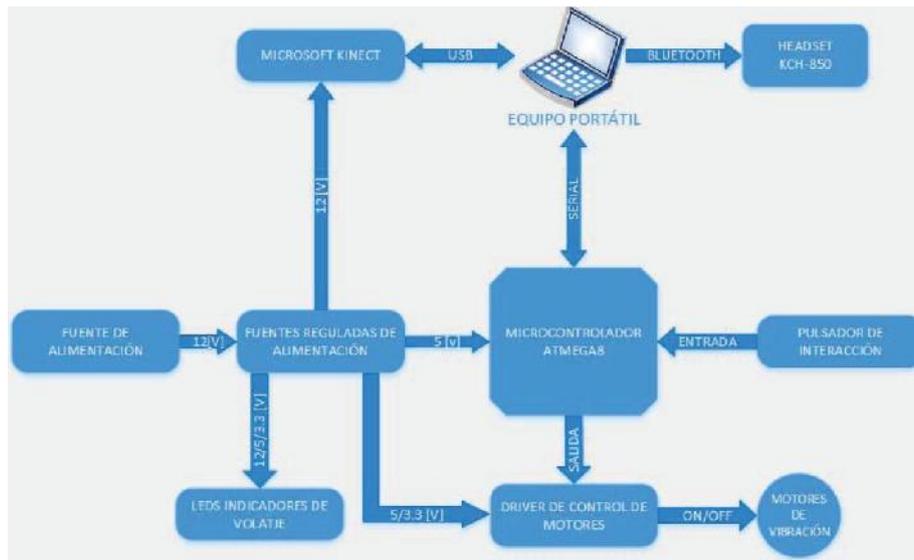


Figura 3. 18 Arquitectura del prototipo.

Tomada de: (Ortega & Sánchez, 2016)

En cuanto a las pruebas efectuadas, se hicieron con el objetivo de validar la capacidad que tiene el sistema de navegación, al momento de identificar un obstáculo con una mínima altura en relación a la altura establecida del usuario y la profundidad máxima de visión que establece el sensor Kinect como se aprecia en la figura 3.19.



Figura 3. 19 Detección de obstáculo con una altura mínima establecida.

Tomada de: (Ortega & Sánchez, 2016)

Los desarrolladores concluyen, que el sensor Kinect tiene datos de medida de profundidad bastante exactos y que su error no supera a los 3 cm, pero también tiene limitaciones al detectar los objetos negros, reflectantes y traslucidos por lo cual no se debe utilizar para estas condiciones. El algoritmo de fuerza ficticia ayuda a desechar supuestos obstáculos, debido a la visión de profundidad que presenta la cámara en el recorrido del usuario y esto hace que el prototipo desarrollado tenga muchas ventajas con otros dispositivos que existen en el mercado pero, no así su aparatoso tamaño que lo hace muy incómodo.

El desarrollo de este sistema se lo considera un complemento para el bastón blanco para ciegos, ya que con el sensor colocado en el casco captura los obstáculos que se encuentran en el medio que se desplaza la persona con discapacidad visual. La principal limitación del prototipo es su ergonomía, ya que restringe la facilidad de movimiento del usuario. Además se debe tener en cuenta que no es apto para lugares donde exista poca luz y objetos negros. Si bien es cierto el algoritmo logra la detección de manera satisfactoria de los objetos, es recomendable tomar en cuenta la comodidad de la persona y en lugar de usar un casco con una gran cámara, podría presentarse alternativas como implementar el sensor utilizando una cámara miniaturizada con características similares al Kinect, en una gorra o gafas, permitiendo de esta manera una mejor aceptación en la sociedad.

3.15 Desarrollo de un sistema de publicidad con realidad aumentada para optimizar la promoción de servicios y carreras de la PUCESA.

Calle (2014) en su tema titulado: *DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PUBLICIDAD CON REALIDAD AUMENTADA PARA OPTIMIZAR LA PROMOCIÓN DE SERVICIOS Y CARRERAS DE LA PUCESA*, pretende mejorar los medios de comunicación convencionales de la universidad, para satisfacer nuevos requerimientos a través del desarrollo de un medio de publicidad interactivo, para que capte la atención de los estudiantes graduados de secundaria en la ciudad de Ambato.

El autor, utiliza herramientas como el dispositivo Kinect, Realidad Aumentada y trípticos informativos de la universidad, para que el cliente interactúe usando su cuerpo y teléfono inteligente.

En la implementación del sistema, se utilizó Scrum que es una metodología ágil, que permite flexibilidad y adaptabilidad para mejorar la organización del proyecto sin pérdida de tiempo. También se realizó un análisis de factibilidad que contenía encuestas y entrevistas para determinar qué medios de comunicación son los más factibles. Adicionalmente se trabajó con la definición del Product Backlog que es la base fundamental del proyecto y presenta una lista actividades que son:

- Captación de sombra del esqueleto sobre la imagen.
- Abrir pantalla inicial con gesto de saludo.
- Bloqueo automático de la pantalla al no reconocer el esqueleto.
- Diseño de User Experiencie.
- Diseñar Pantalla principal.
- Crear plantillas de alineación de pantalla inicial y secundaria.
- Desarrollo de pantallas aprobadas y navegación entre pantallas.
- Reconocimiento y animación de contenido de trípticos de la PUCESA.

Para cada una de estas actividades, se realiza un Sprint (Figura 3.20) donde el programador registra cada actividad que contiene un tiempo máximo de 15 a 30 días, de acuerdo a la complejidad del proyecto; en estos casos se elaboraron interfaces que contenían de 3 a 6 niveles de pantallas para el software y basadas en la experiencia del usuario para que sean más amigables en su uso.

.



Figura 3. 20 Sprint pantallas de bloqueo, inicio e instrucciones para el usuario.

Tomada de: (Calle, 2014)

Como resultado, se tiene un diseño general de la estructura (Figura 3.21), para que tenga un óptimo funcionamiento y cumpla con los objetivos requeridos. Se hicieron las respectivas pruebas de usabilidad con lo cual los usuarios podían hacer consultas sin dificultad alguna, una vez familiarizados con la navegación y tomando en cuenta el límite de distancia con el Kinect.

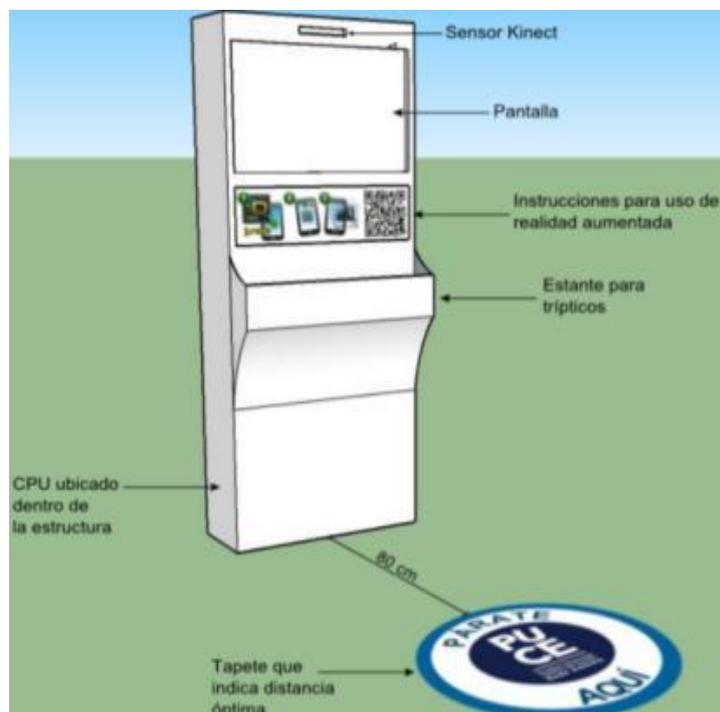


Figura 3. 21 Propuesta de estructura óptima.

Tomada de: (Calle, 2014)

El autor concluye, que la tecnología Kinect y Realidad Aumentada se la puede implementar en varios campos donde se creen soluciones útiles y creativas que se manejen de forma más natural y fáciles de entender para el usuario. Además el sensor Kinect permite obtener varios datos como profundidad, color, audio e imágenes y reconocimientos del esqueleto humano; datos que se utilizan de acuerdo a la creatividad del desarrollador.

Este estudio es pertinente, porque describe los medios de comunicación en los que puede incursionar una universidad para tener un mayor nivel de innovación y que los estudiantes disfruten de estos cambios tecnológicos que ofrecen. Sin embargo, el mayor problema en este proyecto fue en desarrollar un contenido del medio de publicidad que capte la atención del público, el cual fue solucionado a través de encuestas y entrevista. Pero, sería recomendable que las diferentes universidades que existen en el país puedan hacer un estudio más profundo del Kinect, Realidad Aumentada y otras tecnologías de control para el desarrollo de proyectos novedosos y que sirvan de aporte a la sociedad. Además, en este tipo de proyecto se debería verificar la factibilidad de implementación en entidades públicas y privadas que deseen sobresalir en el mercado.

3.16 Desarrollo de un videojuego para complementar la enseñanza de matemáticas elementales en niños de segundo año de educación básica, utilizando el dispositivo Kinect.

Otro trabajo realizado por Cartes y Calahorrano (2015), titulado: *DESARROLLO DE UN VIDEOJUEGO PARA COMPLEMENTAR LA ENSEÑANZA DE MATEMÁTICAS ELEMENTALES EN NIÑOS DE SEGUNDO AÑO DE EDUCACIÓN BÁSICA, UTILIZANDO EL DISPOSITIVO DE ENTRADA POR DETECCIÓN DE MOVIMIENTO KINECT DE MICROSOFT*, mencionan el estudio realizado en 5 escuelas de Quito, para conocer la situación actual de las mismas con respecto a la utilización de videojuegos como herramienta para la enseñanza.

Para este desarrollo, hacen uso de la metodología Scrum por su agilidad y flexibilidad que presenta. La herramienta principal fue el motor de videojuegos Unity, que utiliza el dispositivo Kinect para interactuar con los jugadores. También se necesitó del software Windows 8.1, MySql Server y el SDK 2.0 de Kinect.

El proceso se inició con Product Backlog de Scrum, que permite organizar y plantear cada una de las actividades a realizar en el proyecto. Debido a que la implementación tiene muchas tareas, se las agruparon en 10 Sprint en los cuales se detalla las horas de trabajo con un límite de tiempo entre 15 a 30 días.

El Sprint 1, fue la creación de encuestas para el levantamiento de información con el propósito de tener una idea clara en cuanto al uso de las TIC en el ambiente educacional y las técnicas lúdicas que usan los profesores en las aulas. Por consiguiente en el Sprint 2, se creó un documento de diseño y requerimientos funcionales que es el GDD (Game Design Document), el cual detalla exhaustivamente todo el videojuego. El Sprint 3, describe la planificación de las actividades como: el diseño de la arquitectura del videojuego, diseño conceptual de la máquina de estados, diagrama físico (Figura 3.22), máquina de estados, estado del videojuego etc., de igual manera se trabaja para los 7 Sprint restantes donde también se describen las actividades relevantes de las plantillas de diseño, mapas de ubicación y todo las interfaces requeridas para que el juego tenga una optimo desempeño al momento de su utilización.



Figura 3. 22 Diagrama físico del videojuego.

Tomada de: (Cartes & Calahorrano, 2015)

Finalmente, se hace un estudio de usabilidad del videojuego “Aprendiendo”, a 6 niños que probaron el juego desde el inicio pasando por cada uno de los niveles, planteando retos para que contesten de manera acertada los ejercicios de matemáticas propuestos. Se tuvo como resultado que no presentaron inconvenientes al utilizarlo y que a todos los participantes les gusto el videojuego (Figura 3.23).



Figura 3. 23 Videojuego en funcionamiento.

Tomada de: (Cartes & Calahorrano, 2015)

Los resultados del estudio concluyen, que los videojuegos educativos son de gran utilidad para la complementación en el proceso de enseñanza-aprendizaje, puesto que logran un nivel de atención necesaria por parte del estudiante, contrario a los métodos tradicionales los cuales a veces resultan ser muy aburridos.

El proyecto cumplió con las expectativas de los usuarios ya que se implementó para que los niños de una determinada edad puedan interactuar con el juego a través del movimiento de sus manos. Además sirvió para que los estudiantes mostraran mayor interés a la materia de ciencias exactas como es la

matemáticas. Se recomienda que, para mejorar este proyecto, se debería realizar la inclusión de temas más complejos donde puedan participar usuarios de diferentes edades.

3.17 Valoración y análisis de los movimientos de las manos de un paciente de Parkinson según la escala UPDRS usando técnicas de visión artificial con Kinect.

Rubio (2015) en su trabajo titulado: *VALORACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS MOVIMIENTOS DE LAS MANOS DE UN PACIENTE DE PARKINSON SEGÚN LA ESCALA UPDRS USANDO TÉCNICAS DE VISIÓN ARTIFICIAL CON KINECT*, investiga el efecto de diferentes procedimientos farmacológicos a lo largo del tiempo, monitorizando su situación motora; además el impacto que obtendrá la herramienta tecnológica con la ayuda en la detección de movimientos esenciales para las manos del paciente.

El proyecto se encuentra dividido en 4 módulos que son: La detección de la mano del paciente, se la hace para determinar la región de interés a ser evaluada a través de la señal de video. El seguimiento de la mano del paciente, establece los parámetros a través del Kinect para tener el control sobre el lugar que se está trabajando. La extracción de la mano del paciente, aquí se extrae el movimiento que corresponde a la actividad que el doctor ordena efectuar y se consideran 3 movimientos de la mano. Por último la visualización del tratamiento del paciente, la persona realiza los movimientos de las manos para ser almacenados en una base de datos y dar un seguimiento estadístico.

Para el desarrollo, se utilizó el SDK de Kinect y la librería Emgu CV que ofrece la capacidad de cambiar la imagen RGB a una imagen a escala de grises para poder fraccionar la imagen a un cierto umbral. También se ha requerido de la captura de imagen del paciente en la habitación, para establecer la profundidad del entorno y descartar los excesos de ruido que afectan al movimiento. Se usaron tres algoritmos que sirven para detectar y estudiar los tres tipos de movimiento de la mano que son: golpeteo de dedos, movimiento con las manos y movimiento de pronación.

En el movimiento con las manos (Figura 3.24), el cuerpo del paciente debe ser reconocido por el sensor para poder identificar los estados de abrir y cerrar la mano.

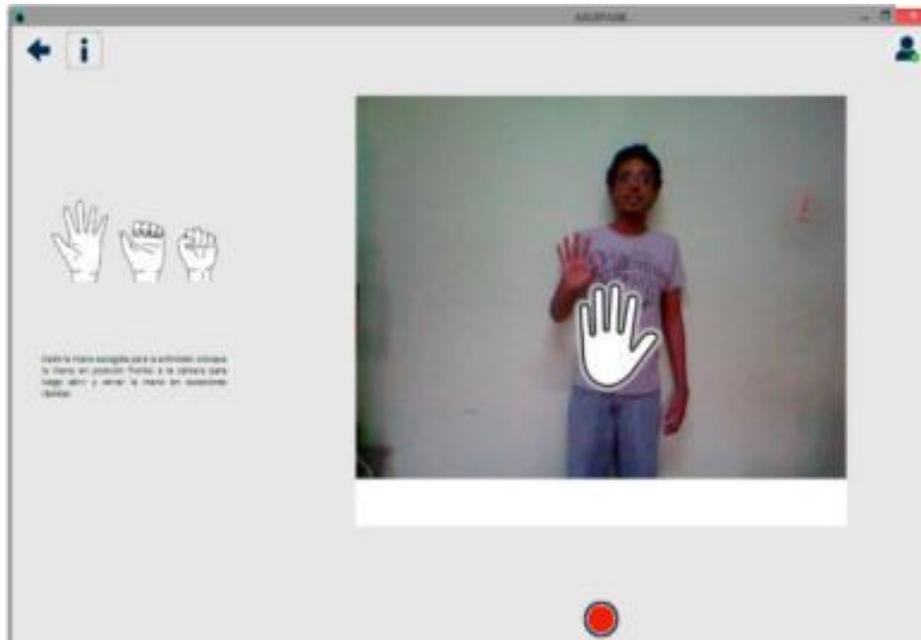


Figura 3. 24 Interfaz gráfica movimiento con las manos.

Tomada de: (Rubio, 2015)

Para el movimiento de golpeteo de los dedos y movimiento de pronación (Figura 3.25), se utilizan las marcas de los dedos de cada acción para adquirir características de contacto entre los dedos. Una vez que se ha reconocido cada movimiento, el sistema autoriza procesar los datos capturados para definir la ponderación de repeticiones, tiempo y velocidad media efectuada por el paciente; la información que se obtendrá, se recolectará en gráficas para que detalle las actividades realizadas y medicina con que fue evaluado cada paciente a lo largo de su tratamiento. Finalmente con los resultados obtenidos el médico llegará a la conclusión de ¿Qué medicamento favorecen en mejor medida la realización de las actividades del paciente?

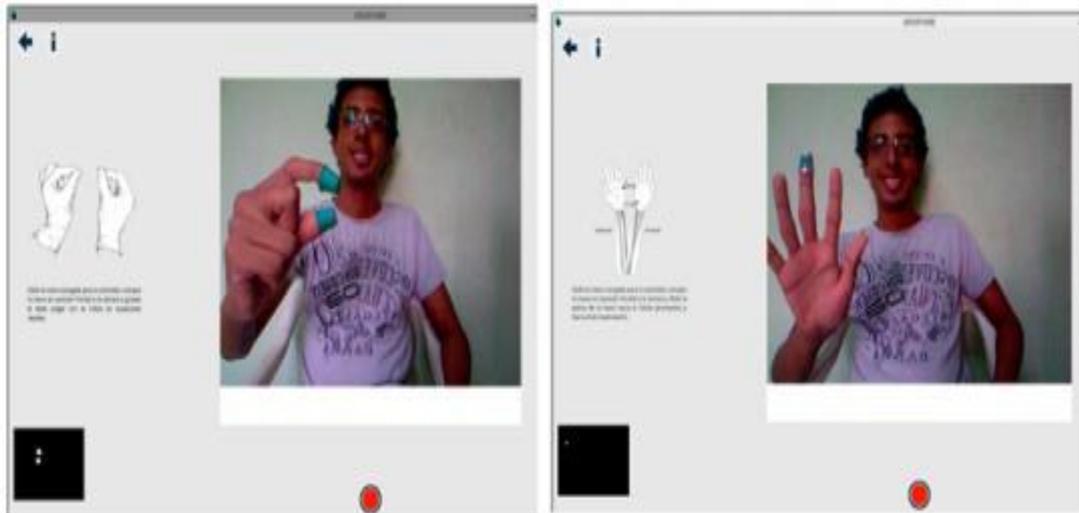


Figura 3. 25 Interfaz gráfica movimiento de golpeteo de los dedos y movimiento de pronación.

Tomada de: (Rubio, 2015)

El médico, valorará los signos del paciente mediante forma tradicional complementando con la valoración del sistema con Kinect y lo que corresponde al informe de la historia clínica, se tendrá con la visualización de las estadísticas comparativas a lo largo del tiempo del tratamiento a través de los movimientos obtenidos.

Finalmente, el autor concluye que los resultados de los datos en la detección y estudios de los movimientos de la mano se almacenan a lo largo del tiempo que dura la rehabilitación del paciente, pudiendo visualizar después la información que se representa por gráficos.

El Parkinson es una enfermedad neurodegenerativa que mata las neuronas del cerebro, produciendo desórdenes en el movimiento de la persona. A través de este sistema los doctores podrán determinar de mejor manera un diagnóstico, porque al momento de realizar el análisis del paciente lo hace de manera confiable, obteniendo los datos estadísticos sobre el tipo de tratamiento que tienen y el efecto que ha causado al disminuir en gran medida la capacidad motora en las manos. Si bien es cierto, que este sistema proporciona gran ayuda a los médicos para obtener datos estadísticos del paciente, se debió hacer pruebas reales con personas que padecen esta enfermedad y poder

saber de esta manera si el sistema funciona sin inconveniente alguno al tener el comportamiento real en el movimiento de las manos del paciente. El sistema puede ser mejorado con la implementación de un arreglo de Kinect en diferentes ángulos con el fin de obtener valores más reales y darle un uso en fisioterapias para pacientes que adolecen de enfermedades en las manos.

3.18 Sistema de seguimiento inteligente para un robot manipulador

El trabajo realizado por Ullauri (2014) titulado: *SISTEMA DE SEGUIMIENTO INTELIGENTE PARA UN ROBOT MANIPULADOR*, manifiesta que su objetivo es desarrollar un sistema inteligente que controle los movimientos de un brazo para el robot Mitsubishi Melfa RV2AJ, el cual examina los movimientos de las extremidades superiores a través del sistema de visión artificial.

El autor, desarrolló el proyecto con el SDK de Kinect y utilizó la metodología mecatrónica; para ello realizó una investigación sobre el funcionamiento y programación del brazo robótico. Además implementó el reconocimiento de movimientos y posiciones del usuario a través de un algoritmo hecho en C#.

El brazo Mitsubishi Melfa RV2AJ, se comunicará de manera directa con el software de visión artificial para reproducir los movimientos que hace el operario. Tiene 5 grados de libertad que lo usa para transportar las piezas, puede levantar una capacidad de 2 Kg de peso y posee una velocidad de 2100 mm/s. Sus servomotores garantizan fiabilidad, cuenta con un cerebro controlador CR -571, el cual comanda todos los movimientos del robot. Para ello, es necesario definir de manera correcta los ángulo de teleoperación del robot; se debe tomar en cuenta que cada articulación del usuario está ligada a una articulación del robot (Figura 3.26), por lo cual se hará coincidir la base del robot con la cintura del usuario, esto debido a que Kinect no puede adquirir rotaciones de la cintura de la persona. Se logrará controlar la rotación de la base al emplear el ángulo que traza el brazo con el pecho para hacer la simulación de rotación más fácil.

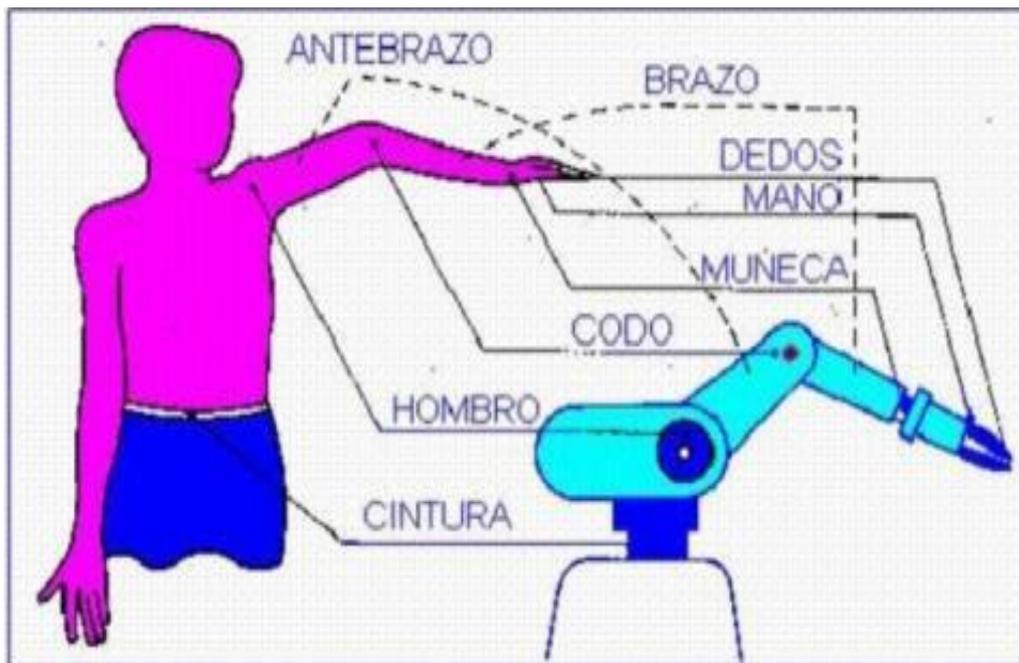


Figura 3. 26 Morfología de brazo Robótico.

Tomada de: (Ullauri, 2014)

Para la implementación, el sistema mecatrónico usó la visión artificial, que tiene el dispositivo Kinect el cual se comunica vía USB al computador. Este dispositivo realiza el reconocimiento del movimiento de las extremidades superiores del brazo derecho (hombro, codo, muñeca, mano) para luego capturar la imagen y enviarla a la aplicación para procesarla y relacionarlas de manera directa con la morfología del robot.

Luego se analizará el comportamiento del modelo propuesto, en una simulación digital con el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) de programación, el cual permite verificar que la interfaz sea capaz de reconocer las posiciones del usuario hacia el sistema de control del robot. Una vez efectuada la simulación se realiza el diseño del sistema como lo muestra la Figura 3.27, donde el brazo articulado Mitsubishi Melfa RV2AJ, se comunicará a través de puerto serial con la aplicación que se programó en Visual Studio.



Figura 3. 27 Arquitectura del sistema mecatrónico.

Tomada de: (Ullauri, 2014)

Finalmente, se realizan las respectivas pruebas que permiten comprobar el desempeño y funcionamiento del sistema. Se debe tomar en cuenta que el software cuenta con seguridades que se activan al momento que no reconoce al usuario en su entorno de visión.

El autor concluye, que el software solo pudo controlar 4 grados de libertad y no los 5 del robot, debido a las limitaciones que presenta Kinect al calcular rotaciones para la cintura. También comenta que el trabajo debe ser multidisciplinario ya que se aplican muchos conocimientos de Ingeniería Mecatrónica para el desarrollo del sistema.

El trabajo logró reproducir todos los movimientos de la extremidad superior derecha. Sin embargo, no tuvo un aporte que beneficie a las personas ya que se usó con fines didáctico y se centró en el control de las extremidades del

brazo derecho para que realice sus respectivos movimientos, ya que tuvo como finalidad demostrar que se pudo controlar el robot Mitsubishi RV-2AJ y que no es necesario un software de fábrica para hacerlo. Este tipo de proyecto sería muy beneficioso a futuro, si se lo empleara para asemejar el brazo robótico a un brazo humano para que sirva como prótesis a las personas que carecen de sus extremidades superiores.

3.19 Implementación de un sistema de patrones de movimiento con las extremidades superiores del cuerpo humano.

Riofrío (2014), en su trabajo titulado: *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PATRONES DE MOVIMIENTO CON LAS EXTREMIDADES SUPERIORES DEL CUERPO HUMANO*, propone un programa que sea capaz de grabar patrones realizados con las extremidades superiores del cuerpo y estos sean reconocidos cuando existan.

El proyecto está desarrollado en programación C# y soporta Windows 7 o 8; cuenta con la interacción HMI (Interfaz Hombre-Máquina), donde el usuario podrá hacer cambios en las listas de patrones tales como: grabar, editar, archivar y recuperar. El programa es capaz de grabar hasta 10 patrones los mismo que se guardarán en un archivo .txt; después de ello se harán nuevos patrones que se grabarán en un nuevo archivo. Adicionalmente, el sistema permitirá tener el control para una exposición en diapositivas elaboradas en “Microsoft Power Point”, el mismo que tendrá una lista de patrones ya grabados y serán reconocidos por un algoritmo que configurará los parámetros para mostrarlos en pantalla cada vez que sean reconocidos.

En el proceso de reconocimiento del sensor Kinect (Figura 3.28), se captan los movimientos de las articulaciones del cuerpo, los cuales son ubicados en un sistema de coordenadas tridimensional y enviado al programa para ser analizados por el buffer de datos y verificados por el algoritmo DTW para ejecutar la acción a procesar en las diapositivas. La técnica “ALINEAMIENTO TEMPORAL DINÁMICO”, es un método geométrico que hace el cálculo de las distancias, el cual será utilidad para el reconocimiento de los patrones de voz,

imágenes y escritura (Riofrío, IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE PATRONES DE MOVIMIENTO CON LAS EXTREMIDADES SUPERIORES DEL CUERPO HUMANO, 2014).



Figura 3. 28 Proceso de reconocimiento de patrones de movimiento.

Tomada de: (Riofrío, IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE PATRONES DE MOVIMIENTO CON LAS EXTREMIDADES SUPERIORES DEL CUERPO HUMANO, 2014)

Finalmente, se puede observar en la Figura 3.29, la interfaz terminada del sistema, donde el computador toma la información en 3 dimensiones de las articulaciones para dibujar el esqueleto del usuario y luego la transforma en 2 dimensiones sin que se pierda la profundidad de la misma; seguido de ello la persona graba su patrón en una posición determinada para ser reconocido y guardado, en caso de que ya existiese el patrón el sistema lo detecta y se debe grabar otro en una posición diferente.



Figura 3. 29 Descripción de la pantalla principal del programa.

Tomada de: (Riofrío, IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE PATRONES DE MOVIMIENTO CON LAS EXTREMIDADES SUPERIORES DEL CUERPO HUMANO, 2014)

Por consiguiente el autor concluye, que Kinect es una herramienta muy buena para la identificación del cuerpo humano y que permite crear proyectos innovadores donde los robots y seres humanos interactúen de mejor manera en ambientes cotidianos. Además el algoritmo del DTW ofrece versatilidad al registrar patrones, porque permite configurar los parámetros de reconocimiento de acuerdo al medio de operación. La velocidad de ejecución del algoritmo depende de dos factores: longitud de los patrones y la cantidad de patrones grabados; si la distancia es muy grande requiere de mayores números de cálculos pero si la lista de patrones grabados es muy extensa se incrementa porque es necesario calcular la distancia entre el movimiento y cada patrón.

El proyecto, pudo reconocer los patrones de las extremidades superiores del cuerpo mediante la interacción Humano-Máquina y el algoritmo DTW. Sin embargo al momento de realizar las pruebas se puso mayor énfasis en el reconocimiento de los patrones ya que se vio afectado en el mal resultado de la lectura de datos del sensor Kinect, siendo más frecuente en persona con estatura baja. La solución brindada se la obtuvo en base a la repetición de movimientos de las extremidades hasta ser reconocidas. En un futuro este software se debería ampliar para el reconocimiento de patrones de todo el cuerpo humano, así como también, ver la posibilidad de crear un sistema que detecte los movimientos de las manos para que reconozca el lenguaje de señas que sería de gran utilidad para las personas sordomudas.

3.20 Diseño e implementación de un sistema interactivo mediante tecnología Kinect V2.0 para desarrollar las habilidades psicomotrices en personas con discapacidad visual.

En el trabajo realizado por Cujano y Vera (2016) titulado: *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTERACTIVO MEDIANTE*

TECNOLOGÍA KINECT V2.0 PARA DESARROLLAR LAS HABILIDADES PSICOMOTRICES EN PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL, servirá como aporte para crear un proceso de la psicomotricidad que logre un mejor control y coordinación de los movimientos de dichas personas.

El proyecto fue implementado con Visual Studio 2013, utilizando el lenguaje de programación C#, y las librerías del SDK 2.0. También usó SQL Server 2008 para almacenar la información.

El programa interactivo KinectMove (Figura 3.30), se basa en tres fases que se relacionan entre sí: la interfaz usuario-máquina donde el sensor Kinect podrá leer los movimientos del cuerpo y establecer la postura adecuada del usuario, para que interactúe con la aplicación mediante comandos de voz; de no ser correcta el sensor genera un mensaje de error a través de señales de audio. Luego los datos serán almacenados en el servidor de base de datos de SQL server 2008, generando un reporte de actividades que se alojará en el servidor web para que el cliente pueda ver la información.

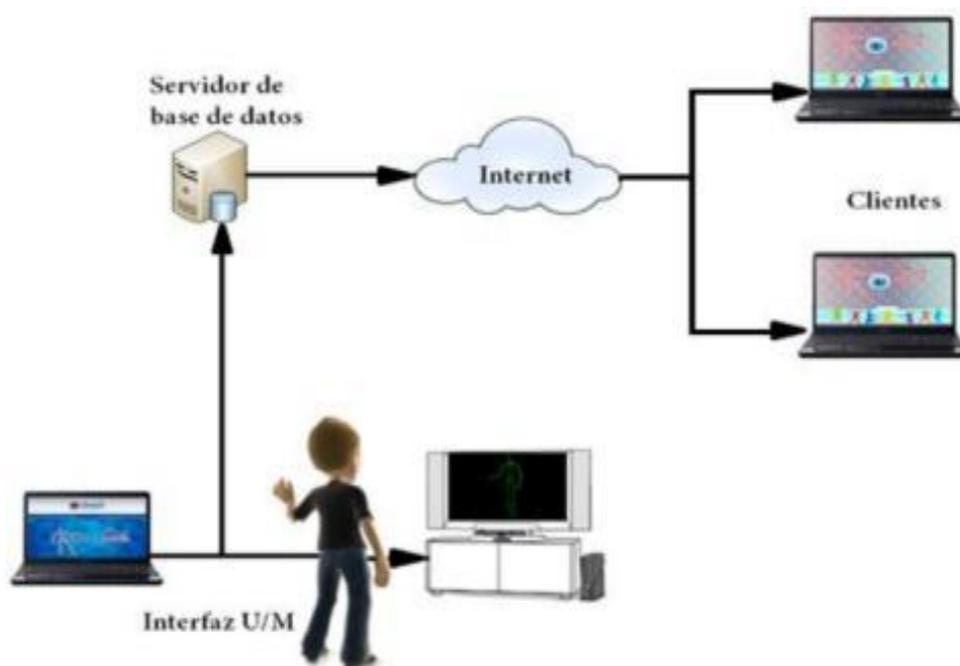


Figura 3. 30 Diagrama esquemático des sistema Interactivo.

Tomada de: (Cujano & Vera, 2016)

Las pruebas efectuadas con los clientes, demuestran que cada acción cumple con las indicaciones que emitan tanto el sensor como el usuario. Donde se generó una demora al leer los datos en el reconocimiento de articulaciones con un margen de error del 10%.

Finalmente, los autores concluyen que KinectMove tiene la capacidad de interactuar a través de comandos de voz y audio y que puede reconocer el esqueleto del usuario en cualquier lugar que desee efectuar las actividades.

En este trabajo se aprovechó las características del Kinect 2.0 en el desarrollo de la programación, y mediante sus sensores se logró leer las coordenadas del cuerpo, para poder controlar la postura correcta del usuario a través de instrucciones de voz, y por medio de la ejecución de las actividades del sistema podrán desarrollar sus destrezas psicomotrices para mejorar su estilo de vida. Debido a que Kinect no posee un sensor inteligente, esto dificulta la interacción por comandos de voz, ya que capta el mínimo sonido que pueda originarse en el entorno de trabajo ocasionando inconsistencia en los datos receptados. A este sistema se lo podría mejorar implementando filtros para que solo capten la voz de la persona.

3.21 Desarrollo de un juego interactivo con una cámara Microsoft Kinect para el reconocimiento del jugador y los diferentes cortes de espada.

El trabajo realizado por Zurita (2013) titulado: *DESARROLLO DE UN JUEGO INTERACTIVO CON UNA CÁMARA MICROSOFT KINECT PARA EL RECONOCIMIENTO DEL JUGADOR Y LOS DIFERENTES CORTES DE ESPADA*, en el cual busca crear un juego usando el lenguaje de programación Progressing y el sensor Kinect.

Para el desarrollo del software, se utiliza metodología Extreme Programming, que consisten en crear ciclos pequeños de desarrollo, en la creación de la aplicación se utilizara los siguientes ciclos:

- Nubes de punto: Es el área virtual donde se trabaja.

- HotPoint: Es el espacio vectorial para el análisis.
- Activación del HotPoint: Donde se ve la activación de nubes de puntos,
- Cortes de espada: Seis básicos.
- Ubicación de HotPoints: Seis básicos cortes.
- Integración Gráfica: Poner una gráfica sobre los HotPoints.
- Unificación con animaciones: Esto hace validar cortes y representa animaciones.

La utilización de UML (Unified Modeling Lenguaje), este lenguaje de programación permite especificar y visualizar las funciones antes mencionadas. Processing es un lenguaje de programación basado en Java pero que tiene sus propios términos reservados al igual que sus variables el cual cuenta con varios botones como por ejemplo: Run: que compila y a la vez ejecuta el código que ese está haciendo y si hay un error lo muestra en la consola, El botón Stop: Detiene la aplicación que está corriendo y si hay un error cierra la ventana de la aplicación, el botón *New*: Ayuda a crear un nuevo sketch, Open abre una ventana en la campana que contiene el último proyecto abierto, Save: Este botón indica al IDE que grabe la aplicación que se esa realizando e indica en que carpeta se quiere que se grabe la aplicación, *Export* El botón más útil e interesante a la vez ya que con un ese botón hace que exporte al sistema operativo que se desea ya sea Windows, Mac, Os X o Linux.

Debido a que el Kinect puede interpretar movimientos en 3 dimensiones, permite no solo distinguir profundidades sino las formas de estos. Los cortes de la espada se dividen en 4, corte diagonal izquierdo, corte diagonal derecho, corte horizontal, corte vertical, estos son los tipos de cortes que carga el juego, para mejor presentación visual se coloca un maestro y un fondo visual (Figura 3.31).



Figura 3. 31 Interfaz del sistema Interactivo.

Tomada de: (Zurita Altamirano, 2013)

El autor concluye, que los Hotpoints en las aplicaciones de Kinect son cruciales puesto que determinan espacios en el campo visual de cámara permitiendo realizar acciones solo con un gesto del usuario. La integración de Processing con Kinect es sencilla permitiendo acortar los tiempos de implementación. Se logró simular virtualmente técnicas de corte de pada que son enseñados en un dojo.

El desarrollador de este proyecto, reemplaza las clases dictadas por un sensei en un dojo sobre el uso de una espada, al lograr reproducir movimientos verticales, horizontales, transversal izquierdo y derecho; permite plantear la posibilidad de ser utilizado en el mejoramiento de la técnica para deportistas de esgrima y kendo. Además, se puede utilizar para mejorar la agilidad de movimiento de las extremidades superiores, asimismo se puede añadir mayor cantidad de movimientos para que pueda ser utilizado en el aprendizaje de diferentes artes marciales.

3.22 Desarrollo y evaluación de un sistema de aprendizaje interactivo para niños con discapacidad intelectual y problemas de aprendizaje.

En el estudio realizado por Espinoza y González (2015) llamado: *DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE APRENDIZAJE INTERACTIVO PARA NIÑOS CON DISCAPACIDAD INTELECTUAL Y PROBLEMAS DE APRENDIZAJE*, en el cual busca hacer más rápido el aprendizaje de niños con alguna discapacidad y a la vez que sea más interactivo, este sistema permite al usuario utilizar su cuerpo para el control del sistema desarrollado, incrementando las habilidades motrices naturales del cuerpo.

Para el desarrollo de la aplicación se usó:

- Kinect Runtime V1.8.
- Kinect for Windows Drivers V1.8.
- Kinect DevelopmentToolkit V1.8.
- Kit de Desarrollo de software (SDK) V1.8.

El sistema desarrollado, se centró en niños de tercer año de educación básica, en las asignaturas de matemáticas, lenguaje y literatura; para lo cual se aplican varios de temarios como: patrones crecientes, sumas, restas, problemas, lengua y literatura, reconocimiento de gestos (Figura 3.32).



Figura 3. 32 Interfaz del sistema Interactivo.

Tomada de: (Espinoza Tapia & González Neira, 2015)

Los autores concluyen, que las aplicaciones de estas pruebas dinámicas incentivan al aprendizaje y son más atractivas y novedosas, atrayendo a los niños a interactuar para poder resolver los problemas planteados. El uso de equipo Kinect, trae consigo una aceptación por la seriedad con la que se lo presento.

El proyecto, se enfocó en facilitar la comprensión de asignaturas de matemáticas, lenguaje y literatura para niños del tercer año de educación básica. Para el reconocimiento de gestos se utilizaron librerías de LabView, para facilitar la búsqueda de patrones se pintó el contorno de la boca de los niños de color negro. Por otro lado, a pesar de la gran cantidad de temas abordados se podría mejorar la aplicación implementando juegos al final de cada módulo para reforzar lo aprendido, y desarrollar un módulo de pruebas por cada unidad revisada.

3.23 Diseño e implementación de un dispositivo para rehabilitación de rodilla con envío de transmisión de datos por RF.

El trabajo desarrollado por Cabezas (2014) que titula: *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA REHABILITACIÓN DE RODILLA CON ENVÍO DE TRASMISIÓN DE DATOS POR RF*, permite crear una aplicación que ayudará a los pacientes que tienen dolencia en las rodillas obtener resultados positivos y económicamente rentable en el proceso de recuperación.

El sistema cuenta con detección del paciente que lo hace mediante el sensor Kinect, el cual detecta las articulaciones del cuerpo humano, la distancia que debe estar el paciente para ser detectado, la ubicación y el movimiento de las rodillas. Para ello, el autor utiliza el lenguaje C++ de Visual Basic por la facilidad de programación en la elaboración de los ejercicios, y en cuanto al historial de los pacientes se lo almacenará en una base de datos SQL server.

Adicionalmente, el sistema HEALTHY KNEE (Figura 3.33), realiza el envío de datos de la rehabilitación efectuada por el paciente según explicaciones dadas

por el terapeuta, los cuales son enviados al teléfono celular del profesional con el fin de que no esté pendiente o presente cuando el paciente realice la sesión de ejercicios; una vez terminada la rehabilitación el HEALTHY KNEE enviará los datos de la terapia a través de mensajes de texto, para ello se registra el celular al momento de iniciar la sesión de la aplicación.

Figura 3. 33 Interfaz del sistema Healthy Knee.

Tomada de: (Manzano, 2014)

En la Figura 3.34, se puede observar un paciente con tendinitis haciendo una terapia, la cual consiste en la visualización de una pelota en la parte superior de la pantalla, la cual hará dos movimientos que son: el de bajar que lo hace de manera natural y va hasta el punto de intersección con la articulación del tobillo y el subir en el área que cubre la pantalla verticalmente.

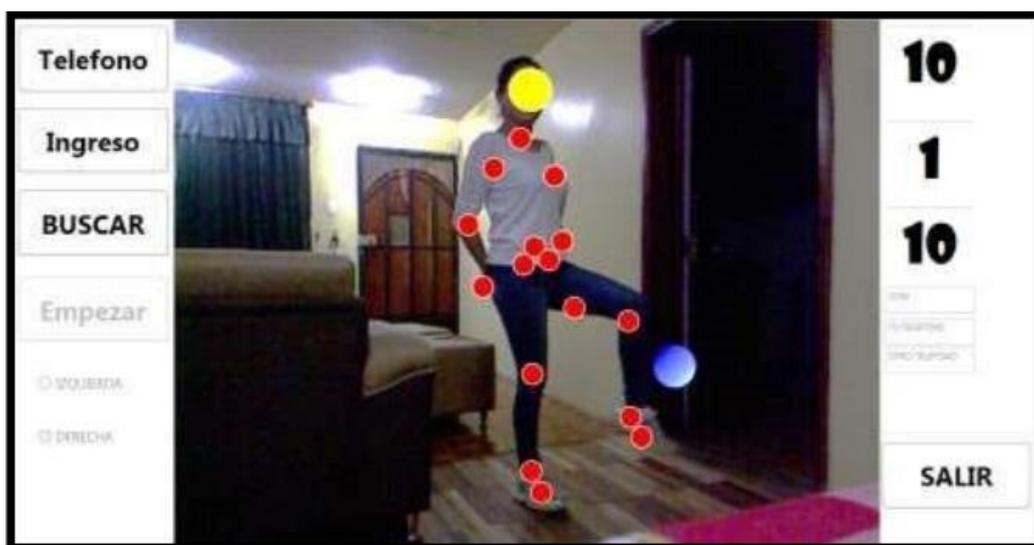


Figura 3. 34 Paciente con tendinitis rodilla derecha.

Tomada de: (Manzano, 2014)

En conclusión, el sensor Kinect brinda bondades en la detección del esqueleto de la persona y esto hace que la aplicación desarrollada tenga más ventaja sobre el resto de equipos de rehabilitación existentes ya que el paciente siente curiosidad al ver plasmada su imagen en una pantalla.

El autor, logra crear un equipo de rehabilitación para lesiones de rodilla; el cual controla y verifica que el paciente haga de manera correcta sus terapias. Esta aplicación envía al fisioterapeuta todos los datos de la actividad realizada por la persona a través de mensajes de texto. A pesar de ello la implementación presentó molestia al momento de registrar el número de celular, ya que tenía más de dos puertos COM activos y para un buen funcionamiento se debió probar uno a uno. Otro inconveniente que podría mostrar esta implementación es cuando el paciente no logra una buena postura para que el sensor la detecte, produciendo un cruce de punto que no puede ser solucionada ya que un máquina no identifica entre un mueble o extremidades, lo recomendable para esto, es que cuando la persona realice la terapia lo haga a un distancia de 2.5 m o 3 m y delante de una pared libre de elementos que provoquen confusión en la detección. A un futuro se podría crear un sistema similar a este para que se realicen terapias en cualquier parte del cuerpo, lo que beneficiaría

al médico tratante y al paciente para llevar un mejor control de sus actividades a desarrollar.

3.24 Construcción de un prototipo para el reconocimiento y traducción del lenguaje de señas a texto utilizando el sensor Kinect.

Mingo (2016), en su trabajo titulado: *CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL RECONOCIMIENTO Y TRADUCCÓN DEL LENGUAJE DE SEÑAS A TEXTO UTILIZANDO EL SENSOR KINECT*, realiza un sistema que traduce las letras del alfabeto del lenguaje de señas ecuatoriano basado en técnicas de aprendizaje automático, para proporcionar una mejor comunicación de las personas con discapacidad auditiva con otras personas que no saben este lenguaje.

Para la creación del prototipo se utilizó: Windows 8, el dispositivo Kinect Xbox 360 y el adaptador de Kinect para la conexión al computador. La implementación del código se lo hizo en Matlab 2014, ya que trabaja con la librería LIBSVM que es un conjunto de funciones en diferentes lenguajes de programación y permite desarrollar distintos algoritmos de máquinas, por lo cual se necesitó usar Máquinas de Soporte Vectorial (SVM) para la clasificación. El diseño de la interfaz gráfica del usuario fue realizado también en Matlab, la cual mostrará la traducción en tiempo real de cada señal efectuada por el usuario.

La Figura 3.35, muestra el diseño de implementación, donde los datos serán obtenidos a través del sensor Kinect y almacenados en una base de datos de entrenamiento los cuales serán procesados y adecuados a un tamaño fijo para ser transformados a imágenes binarias, donde su operación computacional será la menor posible. Los datos del entrenamiento serán usados por las máquinas de aprendizaje (SVM), antes de la obtención de características realizada por el descriptor de Histogramas de Gradientes Orientados (HOG); luego el detector se aplicará en imágenes donde identifique las manos y efectúe la traducción adecuada.

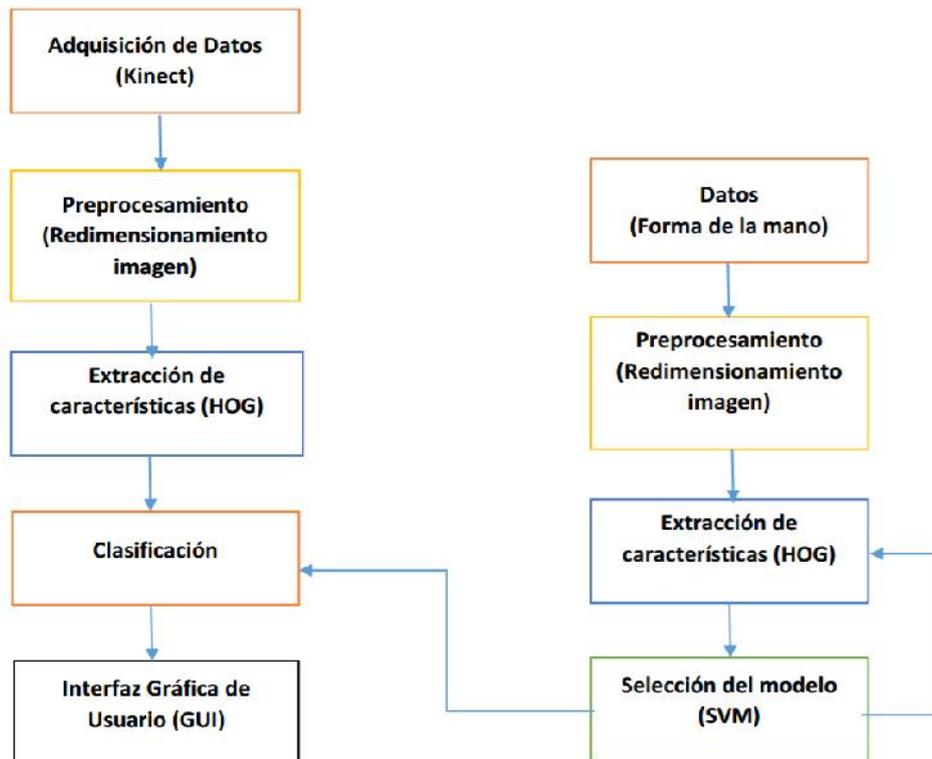


Figura 3. 35 Diagrama del procedimiento seguido para el reconocimiento y traducción.

Tomada de: (Mingo, 2016)

Para la construcción de este modelo se usaron 4 fases que son:

- Detección de la mano: Recolecta los datos de 100x100 o de 64x64 pixeles con el sensor de profundidad de Kinect para que el proceso de segmentación de las imágenes capturadas sea mínimo.
- Obtención de las características descriptivas de la misma: Se diferencia los pixeles de la imagen de la mano, luego se describirán los puntos y características más relevantes.
- Clasificación: Con los datos obtenidos en la fase anterior se obtiene dos clases para cada letra y se instruye un detector usando las técnica de aprendizaje (SVM), donde se creará un modelo de clasificación de estas clases con la librería LIBSVM.
- Interpretación de la información obtenida en las etapas anteriores: Se implanta la interfaz gráfica para capturar los frames del sensor de profundidad en tiempo real para que sean traducidos.

En la Figura 3.36, se puede apreciar pruebas realizadas en el sistema donde consiguieron los resultados favorables para el funcionamiento del prototipo.

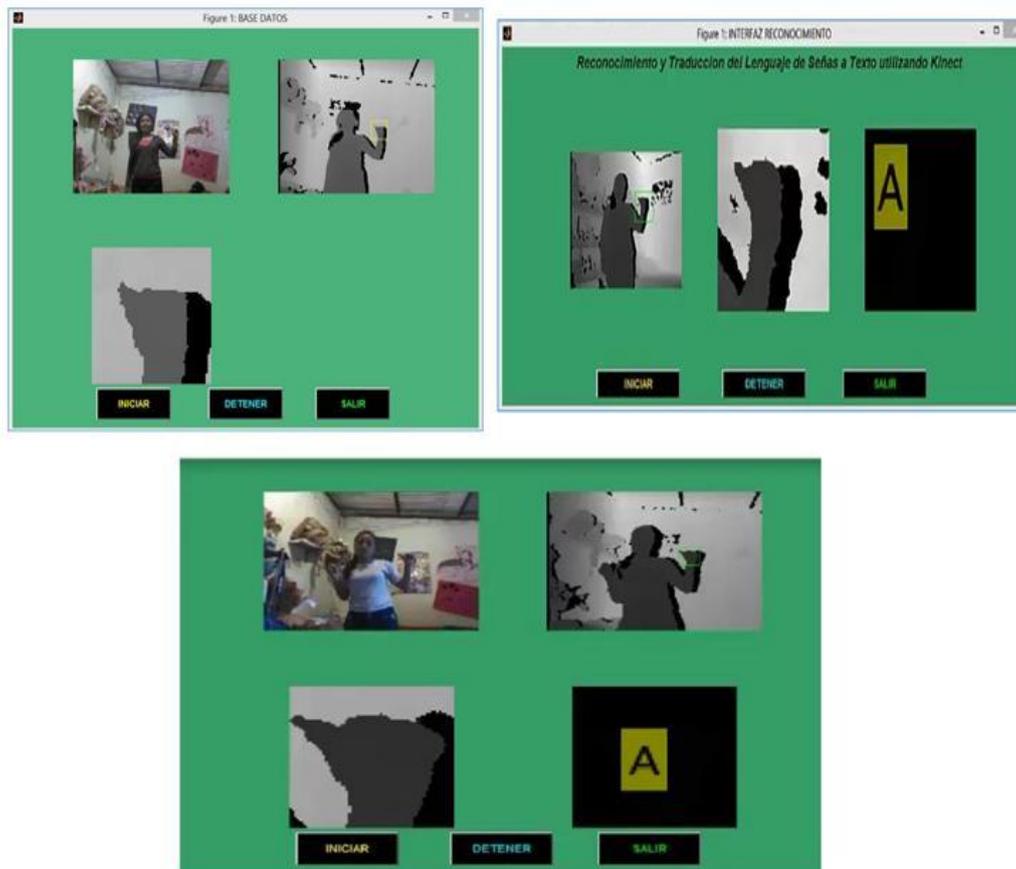


Figura 3. 36 Interfaces de bases de datos, reconocimiento y traducción de las letras.

Tomada de: (Mingo, 2016)

Finalmente, la autora concluye que logró reconocer cada una de las 26 letras del alfabeto de señas ecuatoriano, obteniendo un mejor resultado, al trabajar con el sensor de profundidad de Kinect en imágenes de 64x 64 píxeles, consiguiendo un porcentaje de traducción equivalente al 84.6% a diferencia de las demás pruebas realizadas donde se obtuvo un porcentaje menor.

El prototipo se centró en facilitar la comunicación de las personas sordomudas con otras personas que desconocen este lenguaje. Para ello, consiguió guardar, reconocer y traducir las letras del abecedario de señas ecuatoriano mediante el sensor Kinect. No obstante el sistema presentó inconvenientes al en la confusión de señas ambiguas, por lo cual se recomienda aumentar la

base de datos para una mejor interpretación y trabajar con la cámara en un entorno despejado de cualquier obstáculo y libre de mucha iluminación solar ya que esto ayuda al procesamiento y traducción de las mismas. En un futuro, se podría implementar este sistema, con otros lenguajes de programación a parte del Matlab, para que reconozcan el cuerpo humano entero y puedan hacer otras funcionalidades como traducir frases completas donde se creen chat que interactúen con otras personas en tiempo real.

3.25 Diseño e implementación de un sistema para el análisis de movimiento corporal humano.

El trabajo realizado por Ortiz y Mosquera (2015), titulado: *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL ANÁLISIS DE MOVIMIENTO CORPORAL HUMANO*, busca obtener un orden de los movimientos del cuerpo en tres dimensiones, para mejorar la forma de caminar de la persona con irregularidades en el ciclo de la marcha e identificar las características más relevantes que permitirán brindar un análisis complementario para el especialista al momento de programar un adecuado tratamiento al paciente.

El sistema consta de 2 plataformas de peso y 3 de reposo, un sensor Kinect; los cuales recogen, procesan y ordenan la información para que sea guardada en una base de datos. Mediante el sensor Kinect se detectará el movimiento de 20 articulaciones del cuerpo y capturará los datos de cada desplazamiento a una distancia no mayor de 4 metros en los ejes sagital, vertical y frontal. Para la configuración, visualización y manipulación de la información se utiliza una interfaz gráfica, donde se selecciona y presenta los datos del movimiento lineal y angular de cada unión del esqueleto en los planos y ejes corporales que toman como punto referencial la ubicación del sensor y el paciente. Por tanto esto enumerará unos resultados con los cuales se podrá hacer un estudio del proceso de la marcha en cada una de sus fases y descubrir ciertas anomalías mediante la comparación de datos que se obtienen en la prueba contra los que se obtienen experimentalmente.

Para el diseño del sistema de análisis de movimiento (Figura 3.37); el bloque de sensor de peso censará el peso que ejercerá el usuario cuando dé un paso o haga un salto contando con un sitio de apoyo para dicha acción, y lo entregará a través de una señal de voltaje al bloque acondicionador de señales. Este se encargará de recibir y convertir las señales de voltaje, para transmitirlos a la tarjeta de adquisición de datos. Por lo tanto el bloque de adquisición de datos se encargará de recibir los datos del convertidor análogo digital HX1, a través la tarjeta de adquisición de datos (Arduino UNO R3) la cual trasfiere datos digitales de peso mediante comunicación serial al computador dentro del bloque de procesamiento. El bloque de adquisición de imágenes contendrá el sensor Kinect que permite medir la profundidad del movimiento captado y el bloque acondicionador de señales.

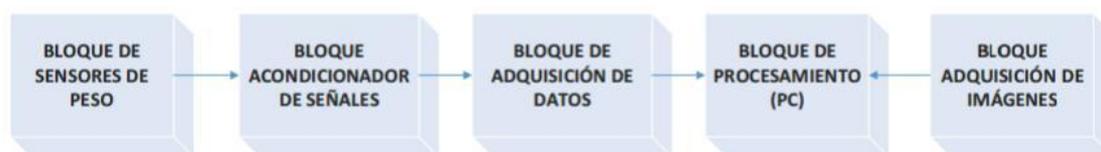


Figura 3. 37 Esquema del sistema de análisis de movimiento.

Tomada de: (Ortíz & Mosquera, 2015)

En el sistema se ha desarrollado interfaces gráficas que constan de tres ventanas para visualizar los datos: ventana de presentación, ventana de captura de datos y ventana de análisis de datos.

En la Figura 3.38, se puede apreciar la ventana de captura de datos que consta de algunas opciones que permiten configurar el funcionamiento del sistema, y mediante la cual se selecciona de cada articulación del cuerpo para el estudio del ciclo de marcha. Contiene dos cajas de gráficos, la una para distinguir el esqueleto y la otra para distinguir y ubicar a la persona antes de iniciar el proceso de estudio; también se usa para efectuar la calibración del motor de inclinación del sensor Kinect. Además, tiene cajas de opciones donde el usuario puede establecer el tiempo de inicio y el de parada ya sea automático de 5, 10,15 segundos o indefinido y otra caja donde selecciona el puerto serial.

Por último estará la ventana de análisis que contendrá el listado de las articulaciones donde se podrá visualizar las gráficas.

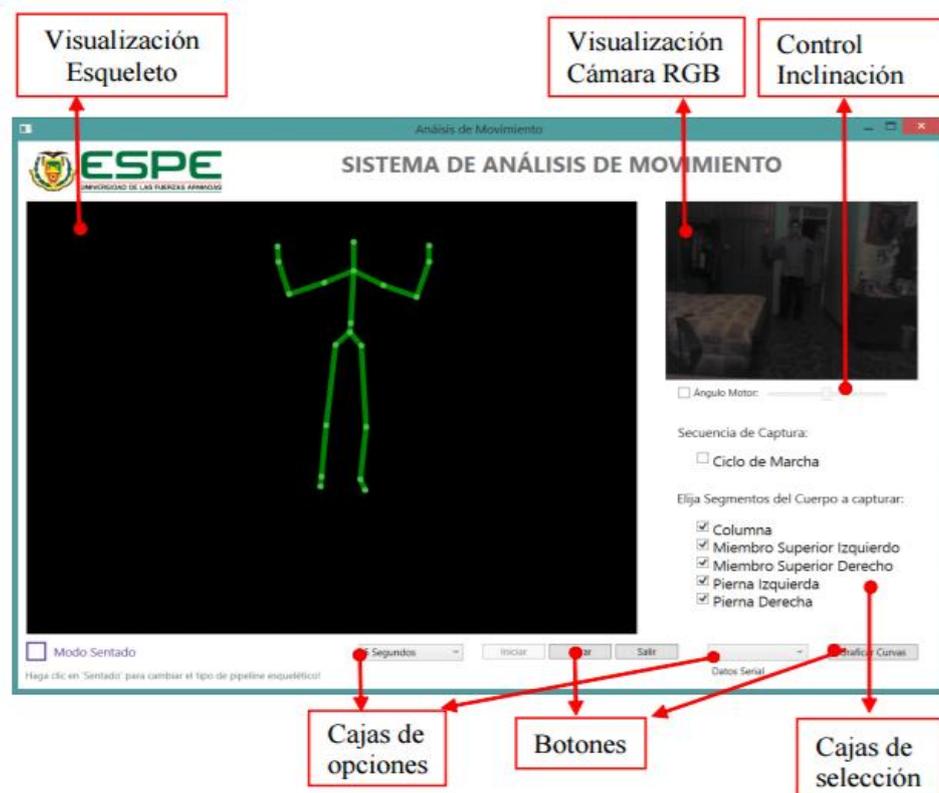


Figura 3. 38 Ventana de captura de datos.

Tomada de: (Ortíz & Mosquera, 2015)

Por último, los autores concluyen que para probar el desempeño del sistema usaron dos pacientes donde se logró determinar qué tipo de marcha realizaron en comparación con los escenarios de pruebas elaboradas. Los valores angulares obtenidos, proporcionaron el dato más importante para determinar el modo de marcha que el paciente realizó: El ángulo de flexión del paciente 1, en la marcha pronunciada fue de 84.67° , el cual se encuentra dentro del rango de ocurrencia efectuadas de $78.6^\circ \pm 8.1^\circ$, determinando que el paciente realiza un ciclo de marcha exagerado en sus rodillas. Para el ángulo de flexión del paciente 2, en marcha normal fue 38.37° , y se encuentra en el rango de ocurrencia de efectuadas $37.1^\circ \pm 3.2^\circ$, determinando que el paciente realiza un ciclo de marcha normal en sus rodillas.

Este sistema se centra en el análisis del movimiento corporal, en especial en las rodillas donde se genera las curvas características para medir el desplazamiento y pisada de las persona en el proceso de marcha, y mediante las pruebas realizadas a varias persona en 3 escenarios: marcha normal, marcha pronunciada y marcha limitada; permitieron verificar el desempeño del software, dando como resultado que no se puede plantear un análisis en el ángulo de flexión de la marcha limitada por condiciones propias del sensor Kinect ya que asume datos de articulaciones inexistente. Para implementaciones futuras en este tipo de sistema, se recomienda utilizar un arreglo de Kinect los cuales permitirán reducir el ruido y tener datos más exactos y reales, desde diferentes ángulos.

3.26 Versiones de Kinect utilizadas en los proyectos.

La gran mayoría de proyectos implementados en Ecuador (Tabla 3.1) utilizan Kinect 1.0, a pesar de haber aparecido en junio de 2010. La versión de Kinect para Windows es la segunda más utilizada; su gran ventaja es que fue enfocada para los desarrolladores. Por consiguiente, solo existe un proyecto desarrollado con Kinect 2.0, el cual aprovecha su alta fidelidad de cámara de profundidad. Además, de su capacidad de rastreo de la mano (abierta, cerrada y lasso "movimiento dedos").

Proyecto	Año	Versión Kinect	Campo de aplicación
3.1	2013	Kinect 1.0	Captura de movimiento de brazo de manos en una pinza robótica.
3.2	2013	Kinect 1.0	Animación Digital.
3.3	2014	Kinect 1.0	Habitación domótica para personas con discapacidad.
3.4	2014	Kinect 1.0	Reconocimiento de movimientos.
3.5	2015	Kinect 1.0	Control de un robot móvil P3-AT.
3.6	2014	Kinect 1.0	Sistema de aprendizaje interactivo.
3.7	2013	Kinect 1.0	Detección de objetivos para personas con discapacidad visual.
3.8	2013	Kinect 1.0	Sistema de seguridad basado en la detección de patrones.
3.9	2015	Kinect 1.0	Control de un robot bípedo.
3.10	2013	Kinect 1.0	Control de un robot bípedo.
3.11	2014	Kinect for Windows	Control de un quadrotor.
3.12	2012	Kinect 1.0	Control de un robot móvil acompañante.
3.13	2013	Kinect for Windows	Control de un robot móvil acompañante.
3.14	2016	Kinect for Windows	Detección de objetivos para personas con discapacidad visual.
3.15	2014	Kinect for Windows	Sistema de publicidad con realidad aumentada.
3.16	2015	Kinect 1.0	Sistema de aprendizaje interactivo.
3.17	2015	Kinect 1.0	Valoración y análisis de movimientos de las manos para personas con Parkinson.
3.18	2014	Kinect 1.0	Captura de movimiento de brazo de manos en un robot Mitsubishi Melfa RV2AJ.
3.19	2014	Kinect for Windows	Sistema de patrones de movimiento de las extremidades superiores.
3.20	2016	Kinect 2.0	Detección de objetivos para personas con discapacidad visual.
3.21	2013	Kinect 1.0	Juego interactivo para aprender diferentes cortes con espada.
3.22	2015	Kinect for Windows	Sistema de aprendizaje interactivo para niños con discapacidad intelectual.
3.23	2014	Kinect 1.0	Sistema y dispositivo para rehabilitación de rodilla.
3.24	2016	Kinect 1.0	Prototipo para reconocimiento y traducción del lenguaje de señas.
3.25	2015	Kinect for Windows	Sistema para analizar el movimiento corporal.

Tabla 3. 1 Resumen de proyectos implementados en el Ecuador que utilizan el sensor Kinect.

4. Capítulo IV. Investigaciones de impacto.

En este capítulo se realiza una síntesis de los temas más relevantes y actuales de las aplicaciones de control con Kinect, los cuales están indexados en el Scopus, que es la mayor base de datos con citas y resúmenes de artículos de revistas científicas con más de 5000 editoriales internacionales. Para la elaboración de este trabajo se escogieron 18 temas de los 1.774 documentos más citados que se encontraron, los cuales examinan nuevas tendencias de utilización en la construcción de sistemas de control para aquellas personas que realizan investigaciones que permiten ver los avances tecnológicos.

4.1 Tracking of Fingertips and Centres of Palm using Kinect.

Los investigadores Raheja, Chaudhary y Singal (2011), en su estudio titulado: *TRACKING OF FINGERTIPS AND CENTRES OF PALM USING KINECT*, presentan un nuevo método que permita la detención de yemas de los dedos y centros de las palmas en gestos generados por una o ambas manos, utilizando el MS Kinect en 3D a partir de la imagen de entrada, el mismo que alentará a los investigadores a realizar un proyecto denominado "Controlling the robotic hand using hand gesture".

En este estudio, el sensor Kinect proporciona la información de profundidad de los objetos de primer plano. Las manos fueron segmentadas usando el vector de profundidad y los centros de las palmas se detectaron usando la transformación de distancia sobre la imagen inversa, dicho resultado se utilizará para alimentar las entradas a las manos robóticas para emular la operación de manos humanas.

El investigador Raheja, mostró una técnica eficiente en tiempo real para la mano natural con fondo simple, donde se cubrió la restricción de orientación; esto debido a que existen métodos que dependen de instrumentos especializados y configuración como el uso de cámaras infrarrojas y estéreo, un fondo fijo o uso de marcadores en la mano.

Al nuevo método, se lo denomina Computación Natural donde ningún sensor, marcador o color se utiliza en las manos para segmentar la piel en las imágenes, permitiendo al usuario realizar operaciones con la mano natural. La detección de movimiento de las yemas de los dedos en video de tiempo real necesita una implementación rápida y robusta del método ya que existen muchos otros procesos que se basan en técnicas de segmentación de la mano permitiendo disminuir el área de píxeles que va a procesar el algoritmo seleccionado, por lo cual no hacen una segmentación clara debido a condiciones como el movimiento rápido de las manos, la mala condición de la luz y un fondo desordenado. Los investigadores utilizan cámaras infrarrojas para obtener segmentación confiable.

La detención del dedo en 3D, tiene varios pasos como son:

- Obtención de la profundidad de la imagen del Kinect.
- Seguimiento de las manos y la detección de punto de la mano: Utiliza módulos OpenNI que proporcionan APIs basadas en C ++ para la detección y el seguimiento de la mano.
- La segmentación de profundidad: La imagen de fondo se segmenta después de poner un umbral calculado en profundidad de puntos de las manos y las mismas que fueron detectadas por la elección de la gota que contiene punto como muestra la Figura 4.1.

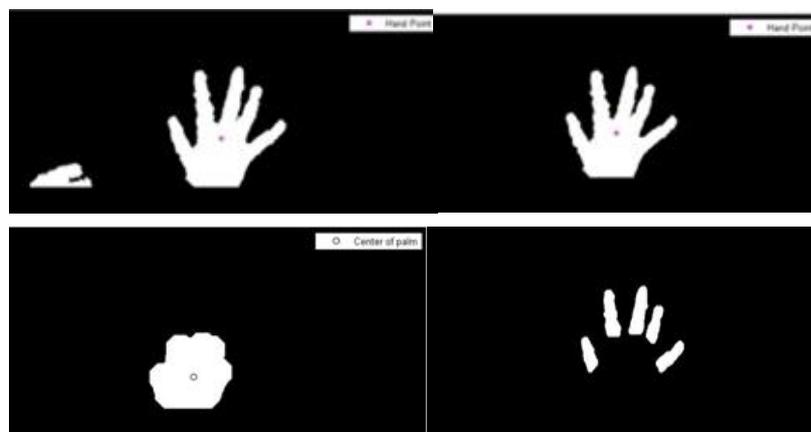


Figura 4. 1 Imagen de Umbral e imagen de la palma de una mano.

Tomada de: (Raheja, Chaudhary, & Singal, 2011)

- Detecciones de la yemas de los dedos: Se detectaron las puntas de los dedos encontrando primero la palma de las manos que se obtuvieron aplicando un gran filtro circular sobre la imagen, de modo que todos los dedos de las imágenes se eliminaran como muestra la Figura 4.2.

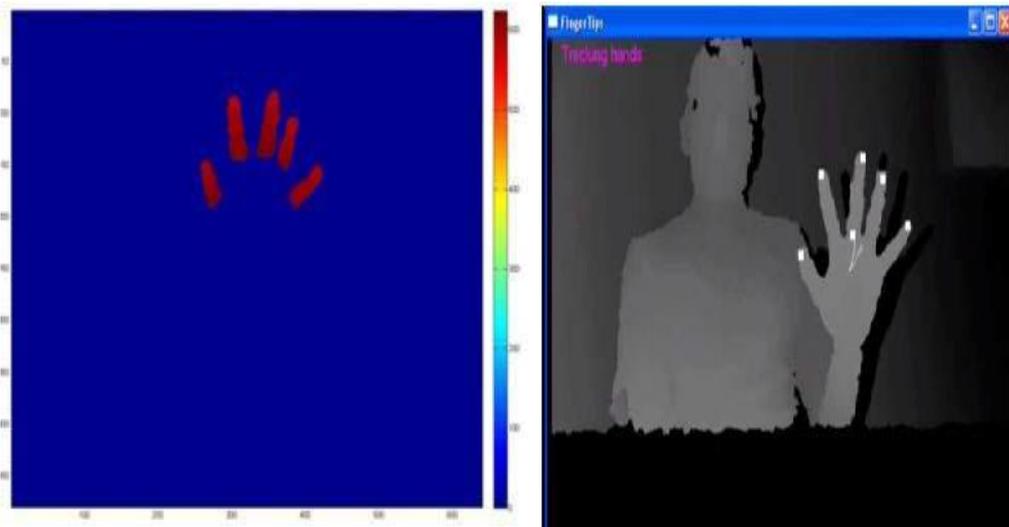


Figura 4. 2 Dedos segmentados en profundidad y resultado de la detección de las yemas de los dedos en tiempo real.

Tomada de: (Raheja, Chaudhary, & Singal, 2011)

Se tiene como resultado de laboratorio, la identificación de las yemas de los dedos y del centro de la palma de manera precisa, con una exactitud del 100% cuando todos los dedos estaban abiertos no así en el caso de los dedos doblados que era confuso. Y para el centro de las palmas los resultados fueron en un 90%. Este sistema se implementó en tiempo real.

En conclusión, los investigadores discutieron la detección de las puntas de los dedos y los centros de la palma, los cuales serán utilizados en su proyecto "Controlling the robotic hand using hand gesture". Donde el usuario puede mostrar una mano a la vez o ambas manos. Este proyecto está todavía en curso y va a hacer un cambio significativo en las aplicaciones que pueden ser perjudiciales para la vida humana. El movimiento del dedo del usuario controlará la mano robótica moviendo la mano delante de la cámara sin usar guantes ni marcadores.

4.2 FFAST: The Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit.

Suma, Lange, Rizzo, Krum y Bolas(2011) en su trabajo titulado: *FAAST: THE FLEXIBLE ACTION AND ARTICULATED SKELETON TOOLKIT*, el cual es un middleware que facilita la integración del control de todo el cuerpo mediante aplicaciones de realidad virtual y videojuegos que usan sensores de profundidad OpenNI-compliant.

Esta investigación, utiliza los dispositivos de interacción natural OpenNI, los cuales disponen de código abierto y son compatibles con el software: Kinect y PrimeSense NITE, que proporciona un reconocimiento básico del gesto para ciertas acciones atómicas que involucran las manos del usuario, tales como un empuje, un golpe, un círculo y una ola.

Por lo tanto FFAST, añade un servidor VRPN (Red Periférica de Realidad Virtual) que transmite la información de cada articulación del esqueleto del usuario a través de una red, la cual proporciona una interfaz amigable para aplicaciones personalizadas de realidad virtual y juegos. Dicha información obtenida de la postura del cuerpo se la puede usar de manera realista, tales como un avatar virtual o controlar un cursor del mouse en la pantalla.

Por otro lado, el kit de herramientas facilita un emulador de entrada configurable que detecta los movimientos de la persona y los une a los comandos virtuales del mouse y teclado para ser enviados a la ventana seleccionada de forma activa. De esta manera, FFAST permite interactuar naturalmente con videojuegos existentes que no estaban explícitamente desarrollados para soportar la entrada de sensores de movimiento.



Figura 4. 3 Usuario usando un gesto de empuje en videojuego "World of Warcraft".

Tomada de: (Suma, Lange, Rizzo, Krum, & Bolas, 2011)

FAAST, considera dos categorías en la información del sensor: comportamiento y esqueletos articulados. Donde los esqueletos articulados son las posiciones y orientaciones de cada articulación en una figura humana, siendo útiles para aplicaciones de realidad virtual y videojuegos al permitir el control directo del cuerpo de un avatar virtual. Las acciones, son más complejas, ya que requieren la deducción del sentido de la postura del usuario y sus movimientos a través del tiempo. La Figura 4.3, muestra a un usuario que lanza un hechizo usando un gesto de empuje en el juego "World of Warcraft", el cual no fue desarrollado para soportar los dispositivos de detección de movimiento.



Figura 4.4 Identificación y segmentación al usuario a partir de una imagen con PrimeSense.

Tomada de: (Suma, Lange, Rizzo, Krum, & Bolas, 2011)

En la Figura 4.4, muestra a una persona haciendo una pose para que el software PrimeSense NITE identifique y segmente al usuario a partir de la imagen de profundidad, ajustando a un esqueleto articulado a la nube de puntos resultante. Usando FFAST el usuario es capaz de maniobrar a un avatar de alambre y un personaje virtual animado en tiempo real.

Los autores concluyeron, que cualquiera de las acciones calculadas en FFAST, así como las acciones básicas de NITE, pueden enlazarse a los comandos virtuales del teclado o mouse que se envían a la ventana seleccionada activamente. Por lo tanto, FFAST permite a estos sensores personalizados, proporcionar información a las aplicaciones arbitrarias. Además, los usuarios pueden personalizar los enlaces y la sensibilidad para estas acciones en tiempo de ejecución, facilitando una entrada flexible que se puede ajustar de acuerdo al tipo de cuerpo del usuario.

4.3 Touchless Gesture user Interface for Interactive Image Visualization in Urological Surgery.

Los investigadores Soares, Oliveira, Junqueira, Franco, y Lopes (2012), en su trabajo investigativo titulado: *TOUCHLESS GESTURE USER INTERFACE FOR INTERACTIVE IMAGE VISUALIZATION IN UROLOGICAL SURGERY*, efectúan un sistema de seguimiento de manos y reconocimiento de gestos basado en el dispositivo Kinect que permite al cirujano navegar sin problemas por la imagen en el entorno intraoperatorio a través de un computador.

Para la implementación, se utiliza el software de código abierto y técnicas de procesamiento de imágenes InVesalius que realiza la reconstrucción en 3D de alta calidad de imágenes médicas mediante un procedimiento quirúrgico urológico; en el Centro de Tecnología de Información Renato Archer. También se proporcionan herramientas de medición (lineal, angular y volumétrica) que son gratuitas para sistema operativo como Windows, Mac OS y plataformas Linux.

Se desarrollan dos prototipos de interfaz de gesto utilizando diferentes enfoques de software para comunicarse con Kinect. El primero utiliza una librería sencilla llamada Libfreenect y se basa en el umbral de profundidad y el filtrado de post-procesamiento para detectar la mano. La Figura 4.5 muestra la imagen procesada. El evento de pulsación del ratón también se genera virtualmente cuando el usuario mantiene la mano en la misma posición durante un segundo, permitiendo rotaciones y clics de botón.

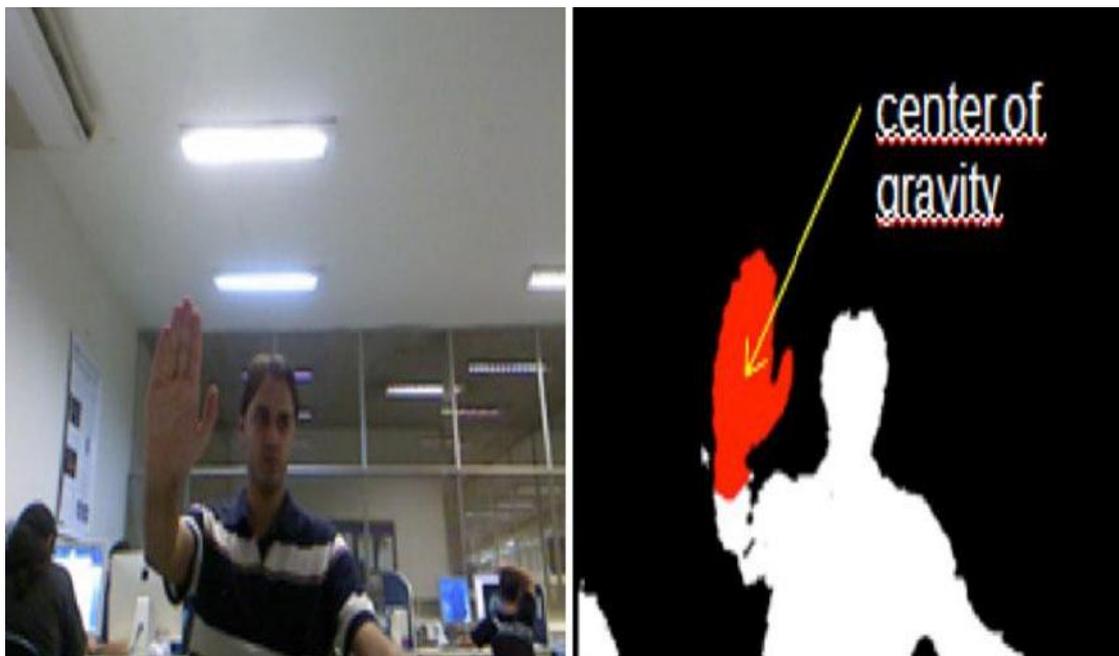


Figura 4.5 La imagen en color (izquierda) y el resultado para el umbral en la imagen de profundidad (derecha).

Tomada de: (Soares Ruppert, Oliveira Reis, Junqueira Amorim, Franco de Moraes, & Lopes da Silva, 2012)

El segundo prototipo utiliza el código abierto (NITE/OpenNI) para detectar la posición de las articulaciones manuales. En esta solución, el usuario mueve la mano derecha del cursor del ratón en la pantalla. La posición del cursor se calculó como la posición relativa de la mano del usuario en la posición de la articulación del torso. El usuario (Figura 4.6) puede estar parado dondequiera en el ángulo de visión de la cámara y él puede incluso moverse alrededor de la habitación durante el uso.



Figura 4.6 Visualización interactiva de la imagen gestual durante procedimiento quirúrgico.

Tomada de: (Soares Ruppert, Oliveira Reis, Junqueira Amorim, Franco de Morales, & Lopes da Silva, 2012)

Los investigadores concluyeron que por primera vez en la literatura, presentaron una solución de interfaz de usuario sin contacto para permitir a un cirujano controlar el software InVesalius en un quirófano sólo con gestos de mano. El dispositivo Kinect mostró ser muy eficiente y permitió un sistema de bajo costo y precisión.

4.4 Fall Detection in Homes of Older Adults using the Microsoft Kinect.

En el estudio realizado por Stone y Skubic, (2015): *FALL DETECTION IN HOMES OF OLDER ADULTS USING THE MICROSOFT KINECT*, en el cual busca un método para detectar caídas de personas mayores.

Para el desarrollo de la aplicación se tomaron datos durante 3339 días, en el cual se registraron 454 caídas (445 realizadas por actores). El sensor Kinect y un computador se colocaron en diferentes puntos a distintas distancias en diversos lugares, para captar todos los movimientos de los ancianos, desde su postura al caminar, sentarse y recostarse. Para caracterizar el estado vertical de un objeto se utilizar: altura máxima, altura del centro del objeto y el número de elementos que lo componen (Figura 4.7).

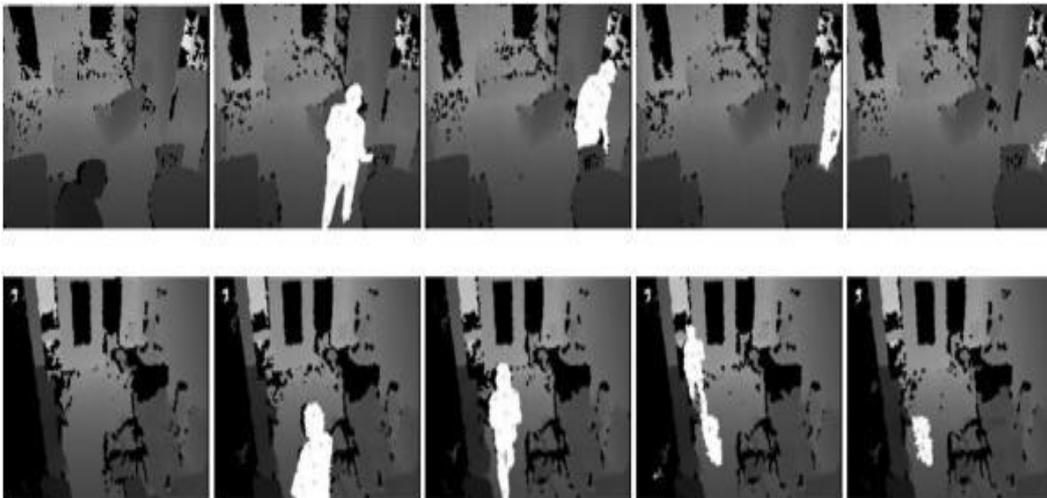


Figura 4. 7 Captura de datos.

Tomada de: (Stone & Skubic, 2015)

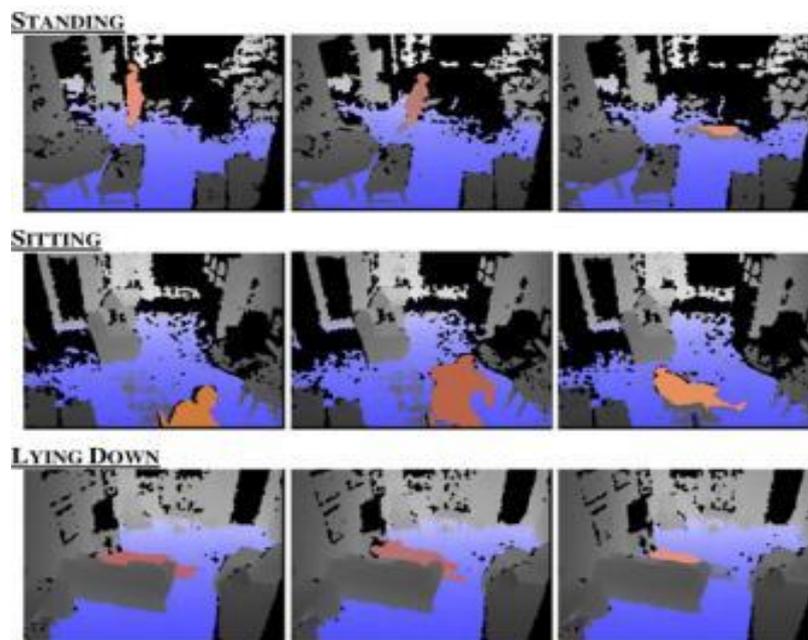


Figura 4. 8 Captura de datos a diferentes distancias.

Tomada de: (Stone & Skubic, 2015)

Para la elaboración del algoritmo; los autores compararon con algoritmos ya desarrollados, obteniendo mejores resultados. El mayor problema se presentó cuando se detectaron caídas a distancias lejanas al Kinect, ya que se pierde resolución en la imagen de profundidad (Figura 4.8), con la utilización de una

nueva versión de Kinect se podría mitigar este problema. La limitación de esta investigación es la necesidad de que la caída sea captada por el sensor Kinect, es necesario instalar un dispositivo en cada habitación.

4.5 Altitude Control of a Quadrotor Helicopter using Depth Map from Microsoft Kinect sensor.

En el estudio realizado por Stowers, Heyes y Bainbridge.Smith (2011) titulado: *ALTITUDE CONTROL OF A QUADROTOR HELICOPTER USING DEPTH MAP FROM MICROSOFT KINECT SENSOR*, en el cual se calibra los sensores de profundidad y de imagen de Kinect, luego se usa el mapa de profundidad para controlar la altitud de un helicóptero Quadrotor.

La investigación, intenta cuantificar la precisión, el rendimiento y el funcionamiento del sensor Kinect. Además, probar el sensor Kinect y su idoneidad para el uso en entornos dinámicos robóticos utilizando el mapa de profundidad, calculado para controlar la altitud de vuelo de un helicóptero Quadrotor.

El cálculo de mapas de profundidad se realiza a través del chipset Primesense de Kinect, que utiliza una forma de luz estructurada; una tecnología patentada Light Coding para calcular la profundidad. Kinect posee un proyector láser infrarrojo combinado con una cámara CMOS monocromática y una segunda cámara de vídeo RGB. Las dos cámaras proporcionan imágenes de 640x480 píxeles a 30 Hz.

La cámara de profundidad devuelve un número de 2 bits (0 al 2047), que necesita procesamiento adicional para extraer la verdadera profundidad del sensor. Para la calibración se utilizó varias imágenes de referencia a diferentes distancias, con diferentes condiciones de luz ambiente (Figura 4.9). De donde se determina que el mapa de profundidad es preciso y repetible en el rango de 0,4 a 7,0 m.

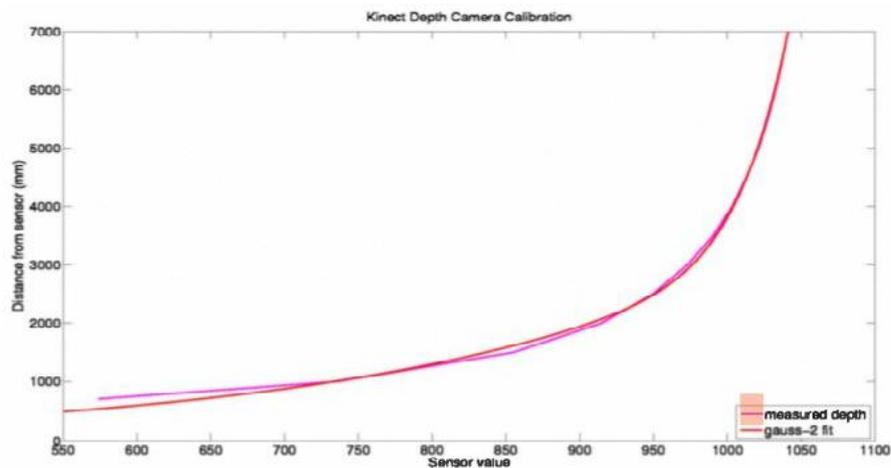


Figura 4. 9 Interpolación de datos.

Tomada de: (Stowers, Hayes, & Bainbridge-Smith, 2011)

El Quadrotor, tiene un marco cruzado hecho de tubos cuadrados de aluminio unidos a una placa en el centro; donde se montan cuatro combinaciones de motor/hélice, la aviónica y las baterías, es de diseño personalizado y su construcción cuenta con un controlador de altitud incorporada en tiempo real, que se ejecuta en un microprocesador ARM 7 de 32 Bits a 60 MHz. También tiene una unidad de medición de inercia (IMU), que contiene un acelerómetro de 3 ejes, 3 giroscopios de un solo eje y un magnetómetro de 3 ejes (Figura 4.10).

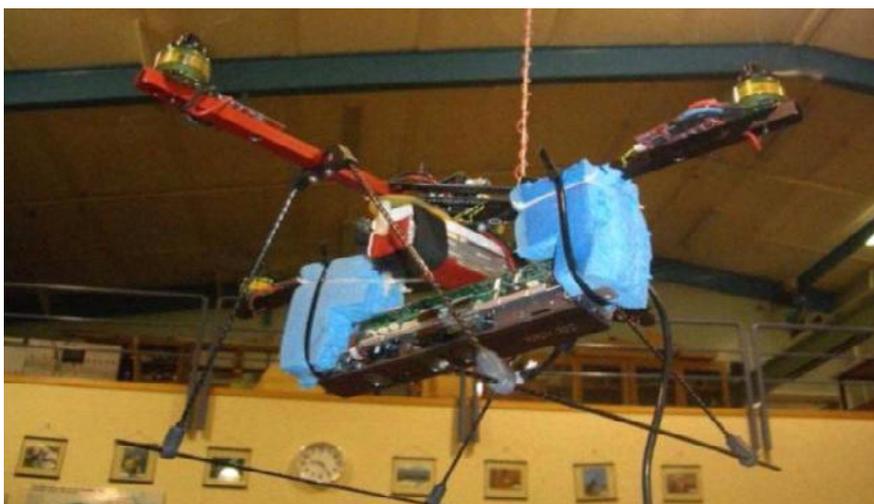


Figura 4. 10 Estructura Quadrotor.

Tomada de: (Stowers, Hayes, & Bainbridge-Smith, 2011)

El sensor Kinect, está montado debajo del marco de aluminio y apuntando hacia el suelo, se utilizará la salida calibrada de la cámara de profundidad para mantener la altitud constante de vuelo. Se desarrolló un sistema de control, el cual se ejecutará en un computador portátil. El Kinect está conectado a la PC vía un cable USB, lo que significa una limitación. Se logró que el Quadrotor flotase a 1300 mm sobre el piso.

Los investigadores concluyeron, que se puede utilizar el control de altitud y el sensor de profundidad en entornos dinámicos, debido a su costo, velocidad de fotogramas y precisión de profundidad; lo hace adecuado para el uso en plataformas robóticas. La orientación avanzada de la cámara de profundidad requiere métodos más robustos para detectar el plano de tierra, para esto se puede utilizar la transformada de Hough y RANSAC.

4.6 Development and Evaluation of Low cost Game-Based Balance Rehabilitation Tool using the Microsoft Kinect Sensor.

Lange, Chang, Suma, Newman, Rizzo y Bolas (2011), realizaron la investigación titulada: *DEVELOPMENT AND EVALUATION OF LOW COST GAME-BASED BALANCE REHABILITATION TOOL USING THE MICROSOFT KINECT SENSOR*, que consta en el desarrollo y evaluación de una aplicación que utilice un personaje virtual de cuerpo completo, para realizar rehabilitaciones interactivas basadas en juegos de equilibrio para adultos con lesiones neurológicas.

Con la utilización del motor Unity 3D, se desarrolla un videojuego que contiene un avatar, el cual se utilizará como base para ejecutar movimientos terapéuticos. Después de una calibración inicial de la longitud del brazo y límite de estabilidad, el juego iniciará en una mina que tiene como objetivo recoger gemas y colocarlas en un carro (Figura 4.11), la dificultad del juego se adapta al nivel de habilidad que posee el jugador.

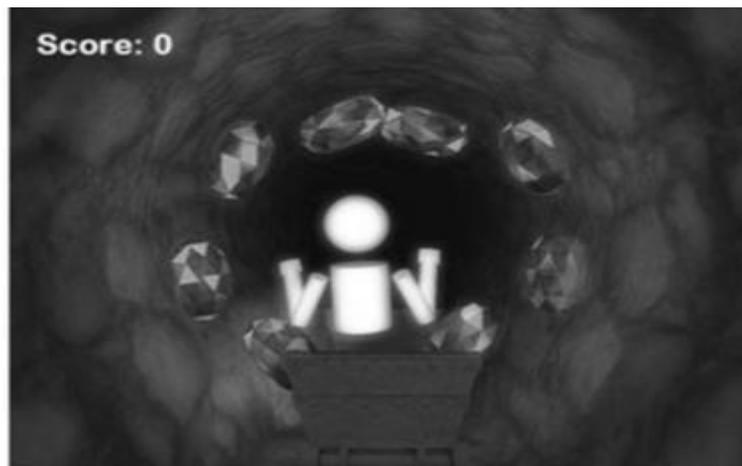


Figura 4. 11 Interfaz de Juego.

Tomada de: (Lange, Chang, Suma, Newman, Skip Rizzo, & Bolas, 2011)

El juego de rehabilitación fue desarrollado en base a entrevista con investigadores, población de pacientes y doctores, quienes proporcionaron necesidades y requerimientos específicos. Incluyendo opciones de cambiar nivel de complejidad. Para las pruebas de funcionamiento se utilizaron 21 participantes (17 Hombres, 4 mujeres) con problemas de equilibrio por accidentes cerebro vascular, la mayoría de los participantes tenía poca experiencia en la utilización de videojuegos (Figura 4.12). Los participantes del juego reportaron que era desafiante y divertido. Además, los doctores manifestaron su entusiasmo en usar este tipo de tecnología.



Figura 4. 12 Enrolamiento.

Tomada de: (Lange, Chang, Suma, Newman, Skip Rizzo, & Bolas, 2011)

Esta investigación, proporcionó una idea preliminar de la utilización del Kinect como herramienta de rehabilitación, los datos que se generaron fueron parte del proceso de desarrollo de la aplicación. El videojuego desarrollado es compatible con Windows, Mac OS y Linux en 7 idiomas. La utilización de la librería LIBFREENECT de código abierto se utilizó para detectar la mano, y con el código abierto (NITE/OpenNI) se detecta la posición de la mano.

4.7 Kinect-Based Gesture Recognition Approach for a Natural Human Robot Interface.

Los investigadores Cicirelli, Attolico, Guaragnella y D'Orazio (2014) en su trabajo titulado: *KINECT-BASED GESTURE RECOGNITION APPROACH FOR A NATURAL HUMAN ROBOT INTERFACE*; presentan un sistema de reconocimiento de gestos y la resolución temporal de gestos, mediante el uso del sensor Kinect con el objetivo de controlar remotamente a un robot móvil autónomo.

Este proyecto, usa tres cámaras Kinect para obtener un seguimiento en tiempo real de un esqueleto humano, estas son colocadas en diferentes lugares en un entorno interior y mediante el framework OpenNI se garantiza el seguimiento de la persona durante la ejecución de los gestos. Se definen diez gestos diferentes, realizados por personas diferentes. Los cuaterniones de ángulos de articulación, primero son usados como características robustas y significativas de entrada, para varios clasificadores de redes neuronales que se capacitan en el reconocimiento de gestos predefinidos. Además, el sistema se suministra con un módulo de re-identificación de usuarios que garantiza que sólo una persona a la vez tiene el control del robot. El rendimiento del sistema se lo valida primero fuera de línea, utilizando secuencias de videos adquiridas por la cámara Kinect, y luego se realizan experimentos en línea, para probar el funcionamiento en tiempo real del sistema como lo requiere una Interfaz Humano-Robot (HRI).

Uno de los principales objetivos de este trabajo es encontrar una solución relacionada con la aplicación en tiempo real (segmentación de los gestos). Se

trata de la detección del marco inicial y final de cada gesto y la normalización de las longitudes de los diferentes gestos. Para ello se aplica un algoritmo basado en la transformada de Fourier rápida (FFT) para resolver este problema. Además, el sistema propuesto tiene la capacidad de evitar falsos positivos cuando el usuario no está involucrado en ningún gesto.



Figura 4. 13 Arquitectura del sistema.

Tomada de: (Cicarelli, Attolico, Guaragnella, & D'Orazio, 2014)

La Figura 4.13, presenta la arquitectura del sistema. El usuario puede tomar el control del robot desde cualquiera de las tres cámaras que se encuentran conectadas a los ordenadores, donde el módulo de reconocimiento de gestos procesa las secuencias de imágenes continuamente, que a su vez se comunican de manera inalámbrica entre sí y con el robot móvil. El operador permanece frente a unas estas cámaras y ejecuta un gesto de inicialización permitiendo al sensor Kinect calibrar y activar el procedimiento de seguimiento, a partir de ese momento todos los gestos obtenidos en tiempo real se convierten en comandos de control y son enviados al robot móvil.

Para la segmentación de los gestos se realiza un análisis de periodicidad con el fin de extraer y normalizar las longitudes de gestos y adquirir datos comparables a los modelos generados, para lo cual se describen módulos como:

- Módulo de re-identificación de la persona: Permite el reconocimiento de la misma persona en diferentes partes del entorno. Tiene etapas donde cada marco realiza una segmentación de la silueta en regiones uniformes; para cada región, se evalúa alguna información de color y área. Por último introduce una medida de similitud para comparar gráficas generadas por diferentes instancias.
- El enfoque de reconocimiento de gestos: El marco OpenNI proporciona al esqueleto humano las coordenadas conjuntas, útiles para el reconocimiento de gestos. La figura 4.14, muestra los gestos para los experimentos y donde G5, G6, G8 y G9 representan una vista en perspectiva cuando el brazo se acopla en un movimiento hacia adelante. Mientras que G1, G2, G3, G4, G7 y G10, el brazo tiene movimiento lateral en su lugar, por lo que la vista frontal se dibuja.

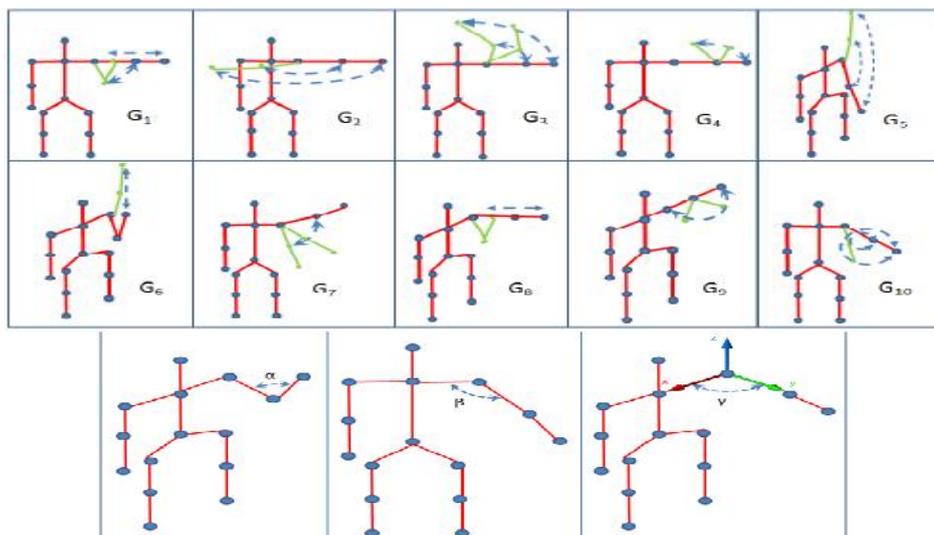


Figura 4. 14 Diez gestos diferentes y ángulos conjuntos usados como rasgo.

Tomada de: (Cicirelli, Attolico, Guaragnella, & D'Orazio, 2014)

Se comparan dos tipos de características: los ángulos y los cuaterniones de los nudos de articulación. En el primer caso, se seleccionan tres ángulos articulares: α definido entre las articulaciones mano/codo/hombro, β entre las articulaciones codo/hombro/torso y γ entre las articulaciones codo/hombro

derecho/hombro izquierdo (ver Figura 8). Estos tres ángulos de articulación producen un vector de características V_i para cada trama i .

$$V_i = [\alpha_i, \beta_i, \gamma_i] \quad (\text{Ecuación 1})$$

Tomada de: (Cicirelli, Attolico, Guaragnella, & D'Orazio, 2014)

En el segundo caso, se seleccionan los cuaterniones del hombro derecho y los nodos del codo. Un cuaternión es un conjunto de números que comprende un espacio vectorial 4D y está denotado por:

$$q = a + bi + cj + dk \quad (\text{Ecuación 2})$$

Tomada de: (Cicirelli, Attolico, Guaragnella, & D'Orazio, 2014)

Donde a, b, c, d son números reales; i, j, k son unidades imaginarias. El cuaternión q representa una manera fácil de codificar cualquier rotación 3D expresada como una combinación de un ángulo de rotación y un eje de rotación.

$V_i = [a_i^s, b_i^s, c_i^s, d_i^s, a_i^e, b_i^e, c_i^e, d_i^e]$, donde el índice s representa el hombro y e representa el codo.

- Estimación del gesto de la longitud y segmentación gestual: la longitud de un gesto puede variar si el gesto es ejecutado por la misma o diferentes personas. Además, durante la operación en línea del módulo de reconocimiento de gestos, no es posible conocer el fotograma inicial y el fotograma final de cada gesto.

En los resultados experimentales en el reconocimiento de gestos sin conexión, se aplicó un enfoque de ventana deslizante (Figura 4.15). Las secuencias de vídeo se dividieron en múltiples segmentos superpuestos de n cuadros, donde n es el período del gesto evaluado con la FFT. Por lo cual, estos segmentos se redimensionaron con la interpolación lineal, para generar ventanas del mismo tamaño que son utilizadas durante la fase de entrenamiento, y luego alimentaron a las 10 NN. La toma de decisiones de consenso se aplicó para reconocer la secuencia como un solo gesto.

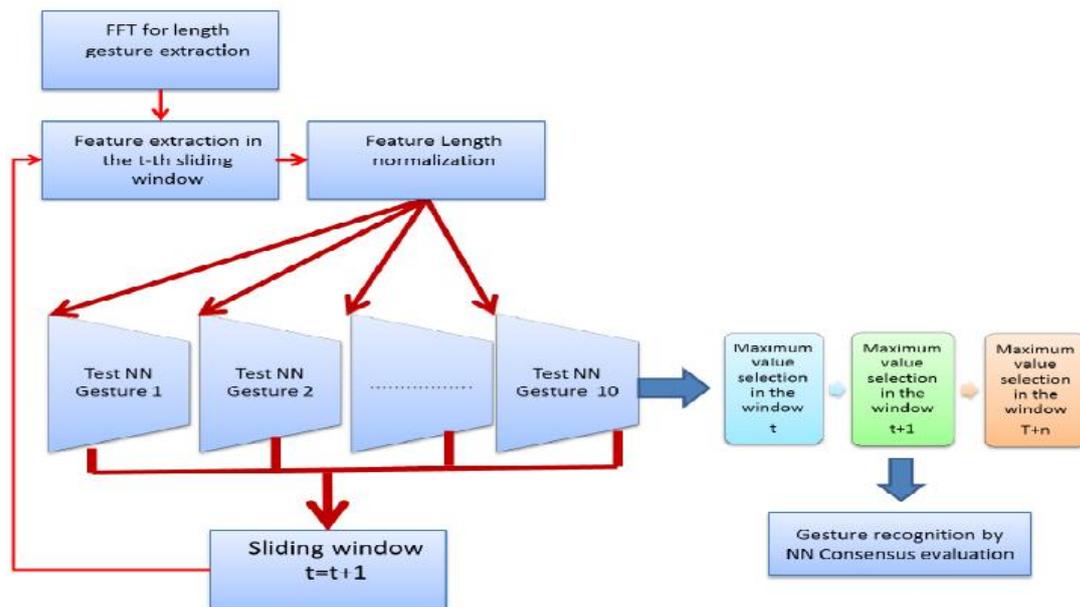


Figura 4. 15 Enfoque propuesto para el módulo de reconocimiento de gestos en línea.

Tomada de: (Cicirelli, Attolico, Guaragnella, & D'Orazio, 2014)

Finalmente, los investigadores obtuvieron resultados que son muy alentadores, ya que el número de falsos positivos es siempre menor que el de los verdaderos positivos. Además, al filtrar el número de respuestas consecutivas concordantes de las redes neurales, se toma la decisión final correcta. Las pruebas en línea han demostrado la capacidad del sistema para reconocer los gestos y cada gesto reconocido. La principal limitación del sistema, es la necesidad de observar repeticiones adicionales del mismo gesto para tomar una decisión. Este límite depende principalmente del ruido y de la baja precisión de los datos de esqueleto extraídos por el sensor Kinect.

4.8 Robust Gesture Recognition using Kinect: A comparison between DTWAND HMM.

El trabajo realizado por Raheja, Minhas, Prashanth, Shah y Chaudhary (2015), el cual titula: *ROBUST GESTURE RECOGNITION USING KINECT: A COMPARISON BETWEEN DTWAND HMM*. Proponen un método de reconocimiento de gestos manuales de Microsoft Kinect, el cual opera de forma robusta en entornos no controlados y es insensible a las variaciones y distorsiones de las manos.

La interfaz gráfica de usuario se la desarrolla en C#, para permitir una interacción óptima con las últimas etapas del proyecto. El gesto requerido para recibir se registra usando la cámara Kinect. Cuando la GUI se inicia, muestra un mensaje dando al usuario 4 segundos antes de que comience a grabar los gestos, como se lo puede apreciar en la Figura 4.16 y después de 4 segundos, capturaría el gesto. Este gesto se compara con la base de datos y si se encuentra una coincidencia lo graba. La GUI presenta varias opciones para el usuario que son: inicie la grabación, modo sentado y modo de tren.

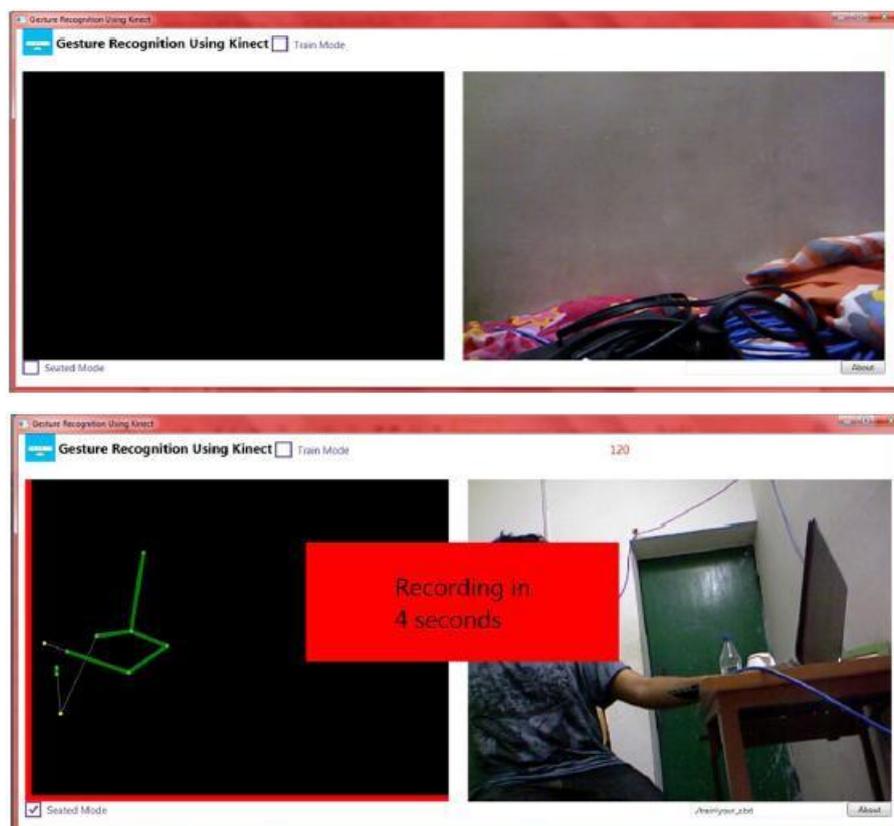


Figura 4. 16 Captura de la interfaz y grabación de gesto en proceso.

Tomada de: (Raheja, Minhas, Prashanth, Shah, & Chaudhary, 2015)

En este estudio, los autores demuestran dos técnicas: modelo de Markov discreto y oculto (HMM) y deformación dinámica del tiempo (DTW) para lograr el reconocimiento de gestos en tiempo real. HMM, es un modelo estadístico en el que se supone que el sistema es un proceso de Markov con estados ocultos y se utiliza para reconocer los gestos. El modelo típico para la secuencia

astocástica de un número finito de estados se denomina cadena de Markov donde los estados verdaderos del modelo $s = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_N\}$. Sus ecuaciones son las siguientes:

La probabilidad de que un determinado estado verdadero i , en el paso t dado el tiempo es: s

$$Pr_t(i) = Pr(s_t = i|O) \quad (\text{Ecuación 3})$$

Tomada de: (Raheja, Minhas, Prashanth, Shah, & Chaudhary, 2015)

Se puede calcular las probabilidades marginales del estado siendo lo que es (emisión) y el cambio (transición) en cada paso de tiempo, usando un algoritmo de paso de mensajes llamado forward-backward y se calculan como:

$$\alpha_{t+1}(j) = \sum_{i=1}^N [\alpha_t(i) a_{ij}] b_j(O_{t+1}) \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$\beta_{t+1}(j) = \sum_{i=1}^N \alpha_{ij} b_j(O_{t+1}) \beta_{t+1}(j) \quad (\text{Ecuación 5})$$

Tomada de: (Raheja, Minhas, Prashanth, Shah, & Chaudhary, 2015)

La probabilidad de que el modelo esté en un estado específico i en el tiempo t y la probabilidad de transición del estado i al estado j en el tiempo t pueden estimarse:

$$\gamma_t(i) = \frac{\alpha_t(i) \beta_t(i)}{Pr(O|\lambda)} \quad (\text{Ecuación 6})$$

$$\gamma_t(i, t) = \frac{\alpha_t(i) a_{ij} b_j(O_{t+1}) \beta_{t+1}(j)}{Pr(O|\lambda)} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Tomada de: (Raheja, Minhas, Prashanth, Shah, & Chaudhary, 2015)

En última instancia, el modelo codifica estas probabilidades en la matriz de transición A y la matriz de emisión B . Después de haber calculado las probabilidades marginales en el tiempo t , se puede reestimar estos parámetros utilizando el Algoritmo de Baum, que consiste en dos valores de actualización de α y β :

$$a_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} \gamma_t(i,j)}{\sum_{t=1}^{T-1} \gamma_t(i)} \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$b_j(o_k) = \frac{\sum_{t:o_t=o_k} \gamma_t(i)}{\sum_{t=1}^T \gamma_t(i)} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Tomada de: (Raheja, Minhas, Prashanth, Shah, & Chaudhary, 2015)

En consecuencia, los modelos de Markov ocultos son invariables en escala, lo que implica que el reconocimiento funciona independientemente del tamaño de la persona que realiza el gesto.

En el modelo de distorsión de tiempo dinámico: se utiliza enfoques variados, tales como redes neuronales, deformaciones dinámicas de tiempo, seguimiento de características, máquinas de vectores de soporte, etc. En el algoritmo DTW se explota algunas observaciones sobre la posible solución para hacer la comparación entre secuencias. La distancia euclidiana (*DE*) entre dos series $\{x_i\}$ y $\{y_i\}$ está definida por:

$$SQRT[\sum(x_i - y_i)^2] \quad (\text{Ecuación 10})$$

Tomada de: (Raheja, Minhas, Prashanth, Shah, & Chaudhary, 2015)

Donde $M = (M_1, \dots, M_m)$ es una secuencia de modelos y $Q = (Q_1, \dots, Q_n)$ una secuencia de consulta, y cada M_i y Q_j son vectores de característica.

El camino de deformación está sujeto a varias restricciones:

- Condiciones de los límites: $w_1 = (1, 1)$ y $w_t = (m, n)$.
- Continuidad temporal: $w_t = (a, b)$, entonces $w_{t-1} = (a', B')$, Donde $a - a' \leq 1$ y $b - b' \leq 1$.
- Monotonicidad temporal: $w_t = (a, b)$, entonces $w_{t-1} = (a', B')$, Donde $a - a' \geq 0$ y $b - b' \geq 0$.

Por lo cual el camino que minimiza el coste de deformación es:

$$DTW(Q, C) = \frac{\min_{w_1, \dots, w_T}}{\sqrt{\sum_{k=1}^T w_k}} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Tomada de: (Raheja, Minhas, Prashanth, Shah, & Chaudhary, 2015)

La deformación dinámica del tiempo es una mejor opción que los enfoques basados en Markovmodel ocultos cuando el tiempo es una limitación. Por lo tanto, sería preferible para sistemas de tiempo real.

En conclusión, los investigadores implementaron el reconocimiento de gestos con ambas manos en el proyecto. Ambos enfoques DTW y HMM ofrecen una muy buena tasa de clasificación de alrededor del 90%. Esto se puede mejorar adicionalmente aumentando el número de gestos en los datos de prueba/tren, a costa de una computación más lenta. El éxito de clasificación puede ser mejorado en el caso HMM aumentando el número de estados y símbolos, o el número de iteraciones del modelo.

4.9 Improved Depth Image-Based rendering using an Adaptive Compensation Method on an Autostereoscopic 3-D display for a Kinect Sensor.

Hsia (2015) en su trabajo de investigación: *IMPROVED DEPTH IMAGE-BASED RENDERING USING AN ADAPTIVE COMPENSATION METHOD ON AN AUTOSTEREOCOPIC 3-D DISPLAY FOR A KINECT SENSOR*, propone la representación de imágenes con profundidad (DIBR), que requiere una imagen de color y un mapa de profundidad asociado para generar vistas en 3D.

Para la reconstrucción de imágenes, se propone un método de compensación adaptable al mapa de profundidad, utilizando una tabla de consulta rápida en la cual se asigna una posición S a los agujeros, además de dividir en bloques la profundidad.

Para este estudio, se utilizaron las ecuaciones para el filtro Gauss simétrico 2D propuesto por TAM y el filtro Gauss asimétrico 2D de Zhang:

$$g(x, \sigma_\mu) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\mu} \exp\left\{-\frac{x^2}{\sigma_\mu^2}\right\}, \text{ for } -\frac{\omega}{2} \leq x \leq \frac{\omega}{2} \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$g(y, \sigma_\nu) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\nu} \exp\left\{-\frac{y^2}{\sigma_\nu^2}\right\}, \text{ for } -\frac{\omega}{2} \leq y \leq \frac{\omega}{2} \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$s'(x, y) = \frac{\sum_{v=-\frac{\omega}{2}}^{\frac{\omega}{2}} \left\{ \sum_{\mu=-\frac{\omega}{2}}^{\frac{\omega}{2}} s(x-\mu, y-v) g(\mu, \sigma_\mu) g(v, \sigma_\nu) \right\}}{\sum_{v=-\frac{\omega}{2}}^{\frac{\omega}{2}} \left\{ \sum_{\mu=-\frac{\omega}{2}}^{\frac{\omega}{2}} g(\mu, \sigma_\mu) g(v, \sigma_\nu) \right\}} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Tomada de: (Hsia, 2015)

Donde, $g(x, \sigma_\mu)$ denota la función Gaussiana horizontal, y $g(y, \sigma_\nu)$ denota la función vertical gaussiana, a lo largo de σ_μ es la desviación estándar de la dirección horizontal, σ_ν es la desviación estándar de la dirección vertical, ω es la (x, y) representa el valor de la profundidad en el mapa de profundidad, y $s(x, y)$ denota el valor de la profundidad después del suavizado.

El filtro asimétrico se utiliza para suavizar la imagen y el filtro simétrico se utiliza para la textura, con este método se reduce el tiempo de cálculo y se retiene la mayor cantidad de información del mapa original.

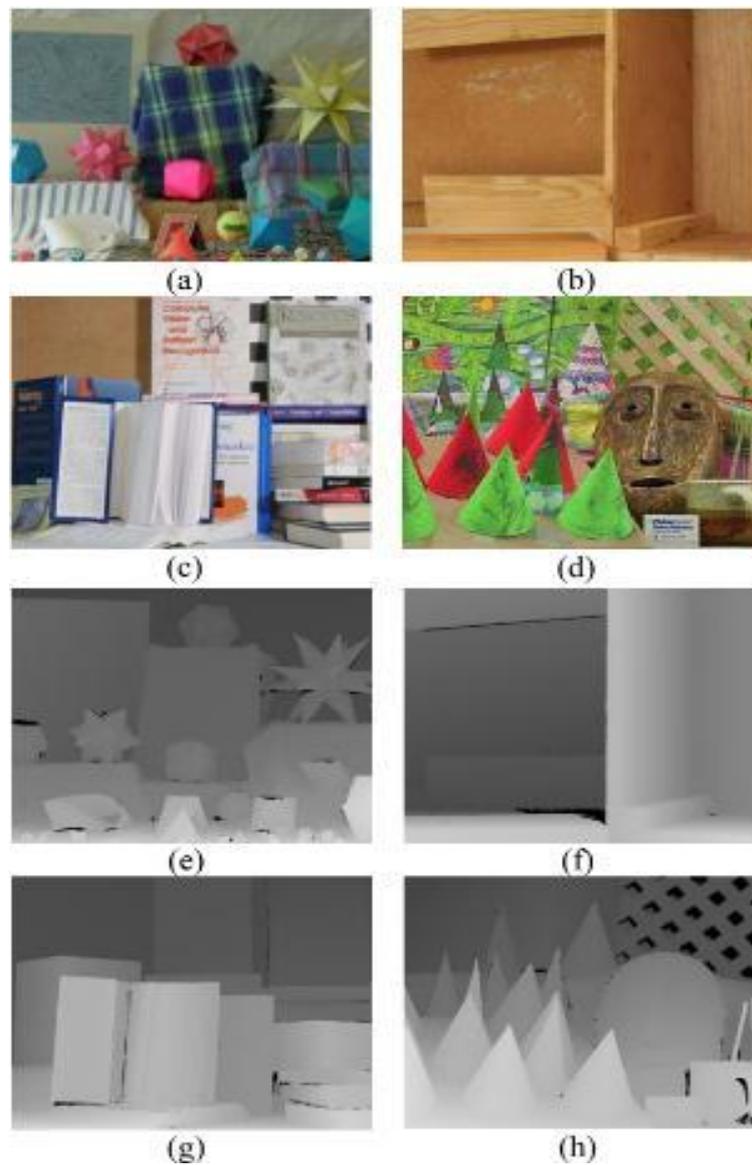


Figura 4. 17 Imágenes de Prueba de agujeros.

Tomada de: (Hsia, 2015)

En la figura 4.17 se muestran cuatro imágenes de pruebas: regalos, madera, libros y conos. La madera y los regalos son mapas de profundidad con un nivel medio de efecto de agujeros, los libros contienen el nivel más pequeño de efecto de agujeros y los conos tienen el mapa de profundidad con el nivel más grande de efecto de agujeros.

Debido a que los conos contienen agujeros más grandes, la calidad de la imagen se reduce, pero comparándolo con otros métodos se tiene una mejor

representación (Figura 4.18), en **a** se utiliza Kinect para generar la imagen, en **b** se trabajó con Autostereocopic 3D.



Figura 4. 18 Kinect vs Autostereocopic 3D.

Tomada de: (Hsia, 2015)

Los sensores de interacción persona-ordenador, son cada vez más importantes para una experiencia en 3D. Sin embargo, este tipo de dispositivos pueden discriminar varios tipos de agujeros y crear un mapa de profundidad defectuoso, por lo que esta investigación propone una estrategia adaptativa basada en bloques, adopta características de contenido por separado, utilizando una tabla de búsqueda rápida que empareja posiciones S para ubicar el tipo y número de agujeros. Los resultados de la investigación mostraron que el método propuesto reduce el número de deformaciones de imágenes, reduce el tiempo de cálculo y mantiene un mapa de profundidad original. Además, de proporcionar una mejor calidad visual que 3D Autostereocopic.

4.10 Upper Extremity 3-Dimensional reachable Workspace Analysis in Dystrophinopathy using Kinect.

En la investigación de Han, Kurillo, Abresch, Bie, Nicorici y Bajacsy (2015) titulada: *UPPER EXTREMITY 3-DIMENSIONAL REACHABLE WORKSPACE ANALYSIS IN DYSTROPHINOPATHY USING KINECT*, plantean la utilización del sensor Kinect para la rehabilitación de la distrofia muscular de

Duchenne/Becker; examinando la viabilidad, sensibilidad y la importancia clínica.

El protocolo experimental para la configuración del sistema de sensores y detección del movimiento del brazo se realiza siguiendo un protocolo estandarizado de movimiento de extremidades superiores y bajo la supervisión de un evaluador clínico. La trayectoria tridimensional de la mano de Kinect se transformó en un sistema de coordenadas centrado en el cuerpo. El entorno fue dividido en 4 cuadrantes (Figura 4.19).

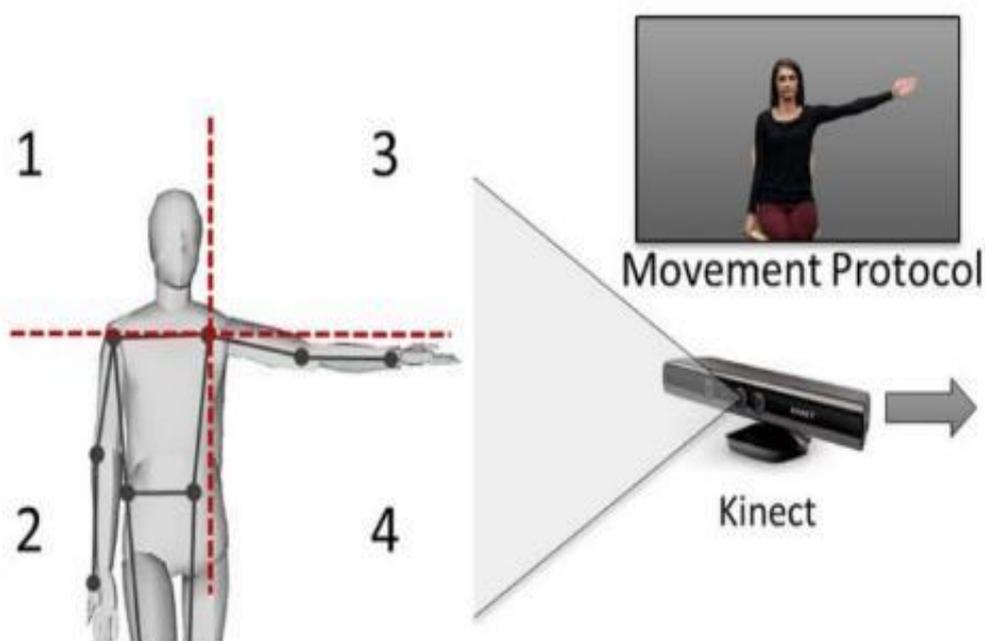


Figura 4. 19 Sistema de coordenadas que tiene como eje el hombro.

Tomada de: (Han, Kurillo, Abresch, De Bie, & Nicorici, 2015)

El análisis por cuadrante, mostró que aquellos sujetos con distrofinopatía con Brooke grado 2 (limitaciones funcionales moderadas) habían reducido significativamente el rango de movimiento en los cuadrantes superiores 1 y 3 cuando se compararon.

El espacio de trabajo alcanzable adquirido por Kinect, es comparativamente robusto con alta confiabilidad y pérdida mínima de datos. Se demostró la

significación clínica y la utilidad del sensor Kinect al relacionarlo con la función de extremidad superior.

La siguiente dirección de desarrollo es una plataforma basada en la nube, que se conecta a múltiples sitios de estudio distribuidos geográficamente, de esta manera permitirá la recopilación remota de datos desde el entorno doméstico a través de un sensor Kinect conectado a internet.

En conclusión, el desarrollo de una aplicación de medición del movimiento de las extremidades superiores facilitará a la ciencia, la traducción de información recibida. Además, de facilitar desarrollar ensayos clínicos que tienen como objetivo reducir el costo y mejorar la eficiencia de los ejercicios de rehabilitación.

4.11 Kinect-Based Virtual Game for the Elderly that detects incorrect Body Postures in Real Time.

La investigación realizada por Saenz y Garcia (2016) titulada: *KINECT-BASED VIRTUAL GAME FOR THE ELDERLY THAT DETECTS INCORRECT BODY POSTURES IN REAL TIME*, describe un sistema para corregir la mala postura en los ancianos integrando un juego que se centra en la estimulación física.

El sistema, captura los datos del nodo de miembro recibidos del sensor Kinect para detectar variaciones de la postura en tiempo real. El algoritmo DTW compara la postura original del usuario al inicio del juego con la actual para detectar cualquier desviación de la posición original. Por lo cual esta investigación tiene el objetivo de detectar posturas incorrectas mientras que los ancianos están realizando actividades físicas a través de un virtual exergame 3D en tiempo real.

Para el desarrollo del sistema, se usa el Microsoft Kinect SDK, una biblioteca de código abierto para pruebas e implementación. Esta biblioteca proporciona un esqueleto 3D virtual, que consiste 25 posiciones de articulaciones y partes del cuerpo (las muñecas, las rodillas, la cabeza y el torso), a partir de la cual se

genera un avatar virtual 3D. El experimento, se lo realiza con participantes de diferentes edades y con diferentes discapacidades, tanto físicas como cognitivas.

Los autores y fisioterapeutas de la residencia de enfermería, establecen los criterios para incluir a los participantes:

- Tener suficiente capacidad cognitiva para entender el juego y las instrucciones de los fisioterapeutas.
- Tener una movilidad en al menos un brazo. El nivel cognitivo de cada participante se lo mide usando la escala MMSE (Mini Mental Status Examination).

Se obtuvo el permiso del Comité de Ética de la Universidad de Deusto, así como del hogar de ancianos para realizar las pruebas. Se establecieron dos sesiones de juego con una brecha de seis meses entre ellas. Cada participante jugó una sesión de juego individual de 9 min de duración cada una (3 min por nivel de juego). Todos los participantes recibieron instrucciones sobre cómo jugar cada nivel, así como la forma de configurar el sistema. El Sistema de Corrección de Postura Corporal comprende varios sub-módulos (Figura 4.20), los mismos que se detallan a continuación:

- Primer módulo de reconocimiento: implica tomar la primera imagen del usuario y almacenarla en la base de datos del juego.
- Módulo de corrección de postura: utiliza el algoritmo DTW para hacer una comparación dinámica y un análisis de la posición del cuerpo con el fin de satisfacer el requisito de tiempo real. También registra constantemente los movimientos del usuario durante el juego. La fórmula de normalización es:

$$\vec{P}_{norm} = \frac{\vec{P}-\vec{C}}{|\vec{L}-\vec{R}|} \quad (\text{Ecuación 15})$$

Tomada de: (Saenz & Garcia, 2016).

Donde, P es el vector antes de ser normalizado y C es el vector del centro del hombro antes de ser normalizado. \vec{P}_{norm} , es el vector

después de ser normalizado. L y R son vectores para el hombro izquierdo y derecho, respectivamente.

- Módulo de realimentación: emite una alerta durante el juego, indicando al usuario que la distancia y la inclinación necesitan ser corregidas una vez que se ha detectado una desviación.

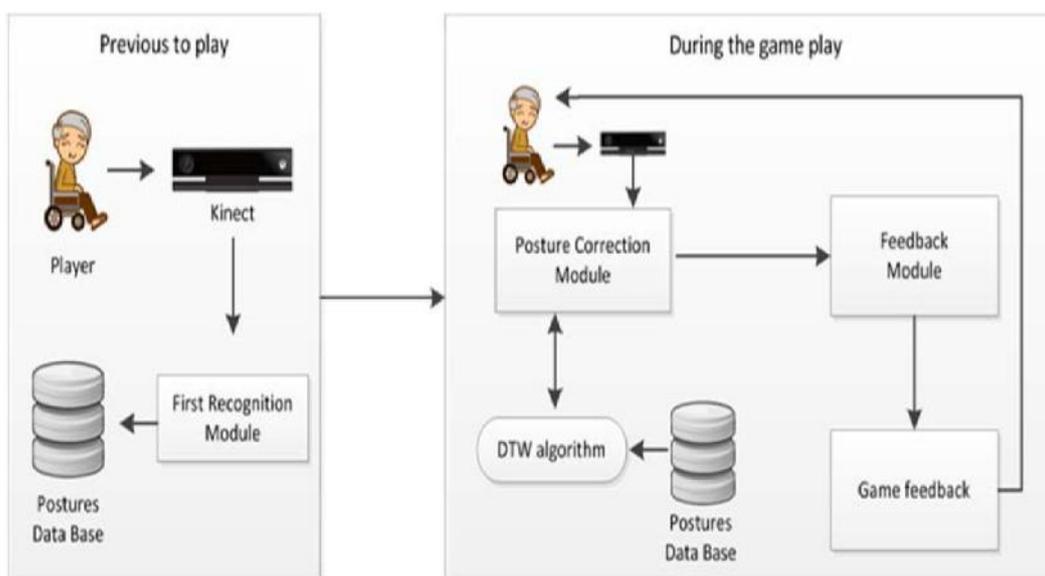


Figura 4. 20 Diagrama general de los módulos

Tomada de: (Saenz & Garcia, 2016).

Se realiza las pruebas del sistema y se logra un porcentaje de detección satisfactorio del 95,20%. Las pruebas experimentales realizadas con diferentes usuarios muestran la efectividad de la solución propuesta.

Finalmente, el dispositivo Kinect no logró obtener un valor de profundidad preciso y un modelo de esqueleto; originando una detección incorrecta de la postura completa. En cuanto a los resultados obtenidos, las pruebas realizadas concluyeron con rango positivo en los objetos recogidos y negativos en los errores cometidos, es decir, después de seis meses jugando, los usuarios recolectaron más objetos e hicieron menos errores, logrando un mejor aprendizaje sobre su control postural. Además, los resultados mostraron que no hubo diferencias ni en el sexo ni en la edad de los participantes

seleccionados, por lo cual el juego basado en Kinect tiene un potencial significativo para crear una configuración de ejercicio de bajo costo y agradable, al tiempo que recopila datos cuantitativos relacionados con las posturas correctas o incorrectas de los usuarios.

4.12 American Sign Language Alphabet recognition using Microsoft Kinect.

El trabajo elaborado por Cao, Ming y Zhaozheng (2015) titulado: *AMERICAN SIGN LANGUAGE ALPHABET RECOGNITION USING MICROSOFT KINECT*, describe un nuevo método desarrollado para el reconocimiento del alfabeto lenguaje de signos americano mediante el uso de datos de profundidad obtenidos por el sensor Kinect.

Este estudio, se centra en el método de reconocimiento de gestos de manos mediante el cual se obtiene una región segmentada de la mano en 11 partes (Figura 4.21); empleando una característica de contraste de profundidad basada en el algoritmo de clasificación por píxel Random Forest (RF).

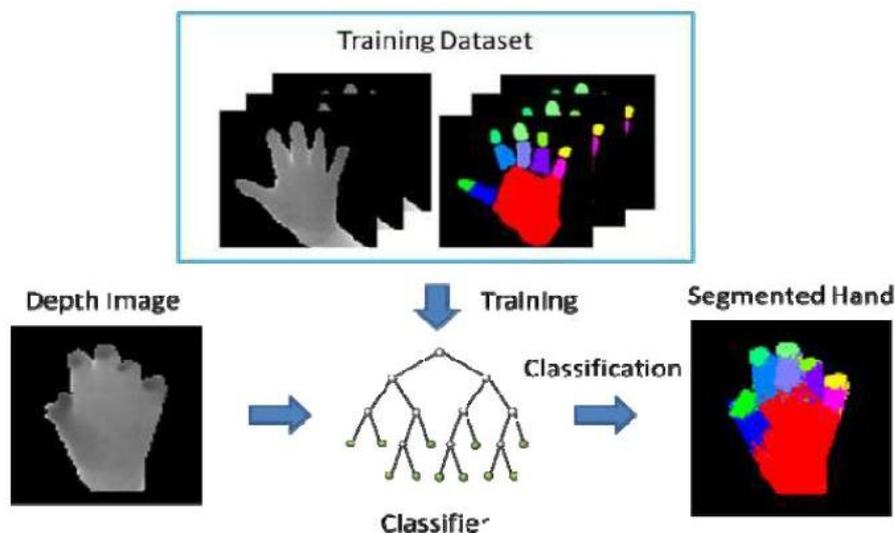


Figura 4. 21 Segmentación de la parte de la mano.

Tomada de: (Cao, Ming, & Zhaozheng, 2015)

Se diseña un sistema basado en guantes de color para ayudar a generar datos de formación con el fin de entrenar el clasificador por píxel. Para ello, se

desarrolla e implementa un método de búsqueda de modo jerárquico para localizar las articulaciones bajo restricciones cinemáticas. También, se desarrolla un método de reconocimiento de gestos de la mano utilizando características de alto nivel de los ángulos articulares, lo que logra una alta precisión de reconocimiento para 24 signos del alfabeto (excepto los signos dinámicos "j" y "z" en los 26 alfabetos completos).

La Figura 4.22, muestra un guante que fue pintado en 11 colores diferentes, según la configuración de las piezas de mano. Para que el sensor Kinect capte las imágenes RGB y la profundidad de mano de manera precisa.

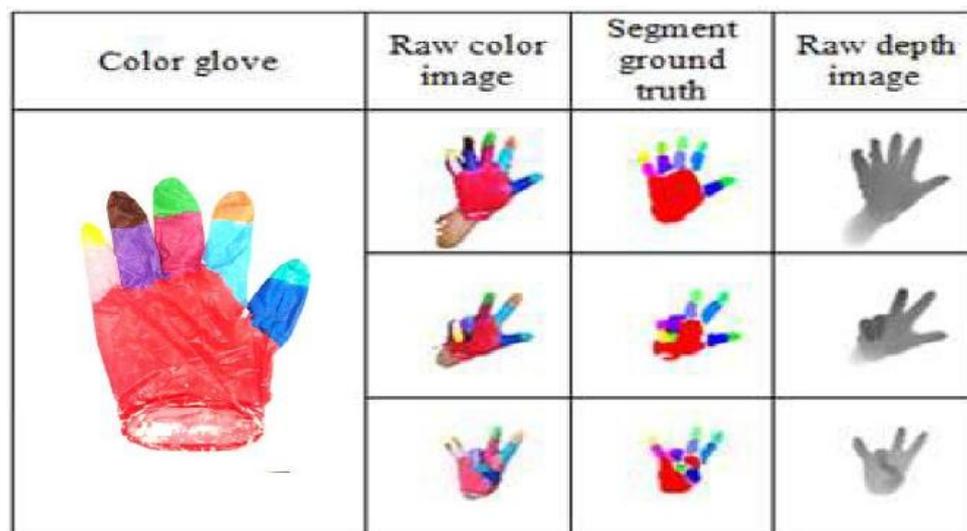


Figura 4. 22 Imágenes en color con guante, segmentación e imágenes de profundidad.

Tomada de: (Cao, Ming, & Zhaozheng, 2015)

Las características de comparación de profundidad se emplean para describir la información de contexto de cada píxel en la imagen de la mano. Para cada píxel x en la imagen de profundidad I , un valor de entidad se describe como:

$$f_n(I, x) = I(x + v_n) - I(x) \quad (\text{Ecuación 16})$$

Tomada de: (Cao, Ming, & Zhaozheng, 2015)

Donde la característica f_n se calcula utilizando el contraste del valor de profundidad entre el píxel x y el píxel de desplazamiento $x + v_n$.

Para el reconocimiento de gestos, se utilizan diferentes enfoques que pueden mejorar las clasificaciones erróneas en los mapas de distribución de probabilidad, a continuación se describen los siguientes:

- Algoritmo de modo de búsqueda de la media, se mejora adaptando el tamaño de la ventana que se busca con el tamaño de la pieza de mano de destino. También se emplea una función de confianza para evaluar la fiabilidad de la localización de las partes de mano.

$$m(x) = \frac{\sum_{i=1}^N K(x_i-x)x_i}{\sum_{i=1}^N K(x_i-x)} \quad (\text{Ecuación 17})$$

Tomada de: (Cao, Ming, & Zhaozheng, 2015)

Donde, $\{x_i\} i \in [1, N]$ es conjunto de pixeles del vecino y N es el número de pixeles en la ventana de búsqueda. EL algoritmo comienza con una estimación inicial $x \leftarrow m(x)$ interactivamente hasta converger. Se utiliza el núcleo gaussiano K :

$$K(x - x_i) = I(x_i)^2 w_{ic} e^{-\sigma \|x-x_i\|} \quad (\text{Ecuación 18})$$

Tomada de: (Cao, Ming, & Zhaozheng, 2015)

Donde, $w_{ic} = P(c|f(I, x_i))$ y σ es parámetro constante para determinar el ancho de banda de la función gaussiana, w_{ic} es el peso del pixel x_i en la imagen $I.I(x_i)^2$ que se usa para estimar el área del pixel en el sistema de coordenadas. La ventana de búsqueda final w_c :

$$z_c = \frac{\sum_{x \in W_c} I(x)u(I(x))}{\sum_{x \in W_c} u(I(x))} \quad (\text{Ecuación 19})$$

$$u(x) = \begin{cases} 1, & I(x) \in [M - \varepsilon, M + \varepsilon] \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{Ecuación 20})$$

$$M = \text{Median} (\{I(x)|x \in W_c\}) \quad (\text{Ecuación 21})$$

Tomada de: (Cao, Ming, & Zhaozheng, 2015)

Donde, I es la imagen de profundidad, x es el vector de posición del píxel, y ε es un valor de umbral constante. La función $u(x)$ se utiliza para determinar si la profundidad del píxel x es válida. M , representa la distancia media de los píxeles de la mano con respecto a la cámara.

- Método para restringir ubicaciones de articulación basado en la estructura jerárquica cinemática de la mano. Por tanto, el algoritmo de localización conjunta es más robusto a los grupos de valores atípicos en los mapas de distribución de probabilidad.

$$w_{ic} = P(c|x_i) \cdot P(c|f(I, x_i)) \quad (\text{Ecuación 22})$$

$$P(c|x_i) \propto \frac{\sum_{j=1}^M \delta(L(x_{i,j})=c)}{M} \quad (\text{Ecuación 23})$$

Donde, $L(x)$ es la etiqueta de clase del píxel x y M es el número de imágenes de formación.

- Las características del ángulo de la articulación (Figura 4.23) se utilizan para describir los gestos de las manos, por lo que la función no varía al tamaño de la mano y de las direcciones de rotación.

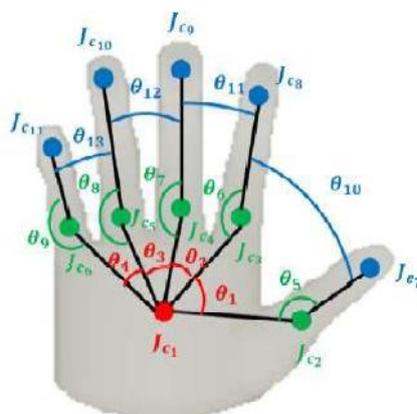


Figura 4. 23 Características de Ángulo de articulación.

Tomada de: (Cao, Ming, & Zhaozheng, 2015)

Para validar el desempeño del método, se utiliza un conjunto de datos públicos disponible de la Universidad de Surrey. Los resultados han demostrado que el método implementado puede alcanzar una precisión superior al 90% en el reconocimiento de 24 signos estáticos del alfabeto ASL, que es significativamente mayor en comparación a los estudios realizados por Shotton y Liang.

Por consiguiente, el algoritmo de clasificación se utilizó para segmentar una mano humana en partes; utilizando un guante de color látex para generar datos de entrenamiento realistas por píxel. Debido a que los signos ASL representan gestos de mano complejos, esto implica que el método de los investigadores tendrá gran potencial para ser adaptado a otras aplicaciones que implican el uso de gestos de manos, por ejemplo controlando robots industriales en un piso de fábrica por manos o remotamente, comunicarse con los asistentes de salud desde una sala de hospital cuando la comunicación oral es disfuncional.

4.13 A Kinect-Based System for Lower Limb Rehabilitation in Parkinson's disease Patients: a pilot study.

Palacios, García y Ramos (2015) proponen en su trabajo de investigación titulado: *A KINECT-BASED SYSTEM FOR LOWER LIMB REHABILITATION IN PARKINSON'S DISEASE PATIENTS: A PILOT STUDY*, una aplicación basada en la realidad aumentada y una interfaz de usuario natural de bajo costo como Kinect, para ofrecer nuevas posibilidades en el campo de la rehabilitación

El sistema diseñado, utiliza Microsoft Kinect SDK V1.0, base de datos MySQL y sistema operativo Windows. El juego de rehabilitación, se basa en el dispositivo Kinect que se conecta a un ordenador personal, el cual proporciona a los pacientes con enfermedad de Parkinson una manera motivadora de realizar varios ejercicios de recuperación motora para mejorar su movilidad.

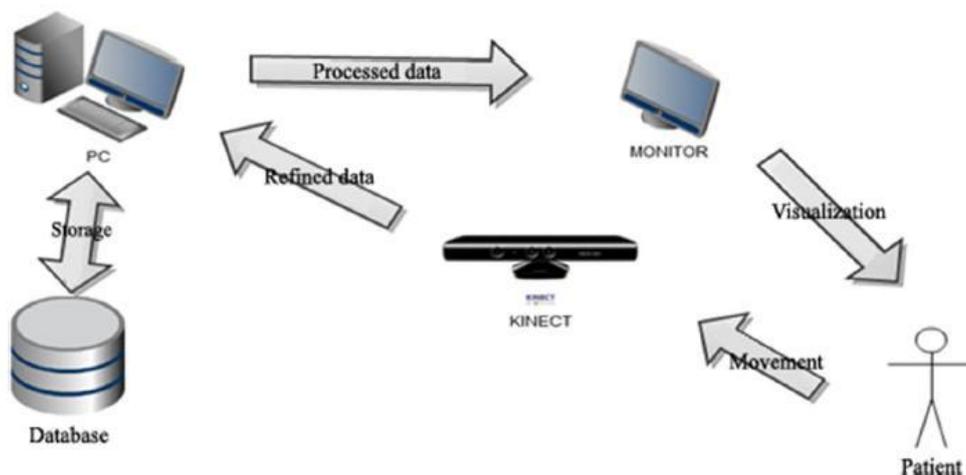


Figura 4. 24 Diseño del funcionamiento del sistema.

Tomada de: (Palacios, García, & Ramos, 2015)

La Figura 4.24, muestra al paciente el cual realiza gestos y movimientos que son capturados por la cámara Kinect; los procesa y envía a la computadora. Al mismo tiempo, el computador ejecuta la aplicación para procesar los datos y luego mostrarlos en un monitor, para que el paciente pueda ver sus movimientos. Una vez terminado el juego, el sistema almacenará la información en la base de datos. En cuanto a la interfaz de usuario, esta tiene una serie de pantallas que cumplen con criterios generales de usabilidad como: el aprendizaje, la comprensión, la capacidad operativa y el atractivo para el usuario final.



Figura 4. 25 Captura de pantalla de la interfaz de configuración.

Tomada de: (Palacios, García, & Ramos, 2015)

La Figura 4.25, muestra los parámetros de configuración que debe definir el usuario para que después pueda realizar los ejercicios. La persona puede mostrar las estadísticas después de terminar el juego.

El programa se realizó con un período de entrenamiento de 5 semanas (10 h de tratamiento, 4 sesiones por semana). Aunque el sistema proporciona diferentes niveles de dificultad, se estableció un nivel intermedio y no muy exigente para el ejercicio. Cada sesión de entrenamiento consistió en 30 minutos, y se organizó en ciclos, cada uno correspondiente a 40 repeticiones. El tiempo entre ciclos fue de al menos 3 min. Es decir, el sujeto debe esperar 3 minutos antes de comenzar con la próxima sesión. Se debe tener en cuenta la seguridad del paciente cuando se hacen ejercicios, ya que están en peligro de volver a sufrir lesiones cada vez que el ejercicio no ha sido diseñado adecuadamente.

El análisis se ha enfocado en ejercicios de piernas, orientados a mejorar tanto la coordinación como el equilibrio del movimiento; para ello la formulación de Shannon de la Ley de Fitts, permite evaluar la calidad actual del movimiento de un paciente, proporcionando así información sobre sus capacidades.

$$T = a + b \log_2 \left(1 + \frac{D}{W} \right) \quad (\text{Ecuación 24})$$

Tomada de: (Palacios, García, & Ramos, 2015)

Donde, T es el tiempo necesario para moverse de un inicio a un lugar específico y las propiedades que poseen estas ubicaciones, tales como el tamaño del objetivo W y la distancia entre el inicio y el objetivo D .

Por lo tanto, el experimento se ensayó en 7 pacientes con enfermedad de Parkinson y los resultados demostraron mejoras significativas en la puntuación del tiempo de terminación y en la puntuación de la prueba de caminata de 10 metros. Sin embargo, se necesitan investigaciones adicionales para determinar si este tipo de capacitación tiene un impacto a largo plazo. Tanto el dispositivo

como el protocolo fueron bien aceptados por los sujetos, siendo seguros y fáciles de usar.

Finalmente, los investigadores concluyeron que su trabajo proporciona una herramienta simple y adecuada, que resulta en un proceso de rehabilitación más enriquecedor, donde la motivación es muy alentadora ya que el sistema puede aplicarse no sólo en centros de rehabilitación clínica, sino en casas.

4.14 Application of the Kinect Sensor for Dynamic Soil Surface Characterization.

Los investigadores Marinello, Pezzuolo, Gasparini, Arvidsson y Sartori (2015) en su trabajo titulado: *APPLICATION OF THE KINECT SENSOR FOR DYNAMIC SOIL SURFACE CHARACTERIZATION*, proponen y discuten la implementación de la cámara de profundidad RGB de Microsoft Kinect para la caracterización dinámica de micro-relieve del suelo.

El presente estudio, realiza el monitoreo de las variaciones de la aspereza el cual permite equipar la maquinaria agrícola para labranza con un sistema de retroalimentación electrónica o feed-forward, como se observa en la Figura 4.26. En la configuración de avance, el sistema evalúa el estado del suelo delante de la máquina y modula correspondientemente el funcionamiento de las partes de trabajo. Para la configuración de retroalimentación, el instrumento realiza un análisis en tiempo real de la suciedad después de las operaciones de la máquina y al instante modifica los parámetros de trabajo, con el fin de mejorar la homogeneidad del acabado del suelo o mantener la rugosidad del suelo cerca de un valor óptimo predeterminado. Por tanto el enfoque de calibración dinámica, se necesitan instrumentos para la caracterización tridimensional rápida de la rugosidad del suelo.

Para ello, se analiza el rendimiento metrológico y el efecto de las condiciones de operación en la reconstrucción tridimensional, considerando tanto las pruebas de laboratorio sobre superficies de referencia calibradas como las pruebas de campo en diferentes superficies agrícolas del suelo.

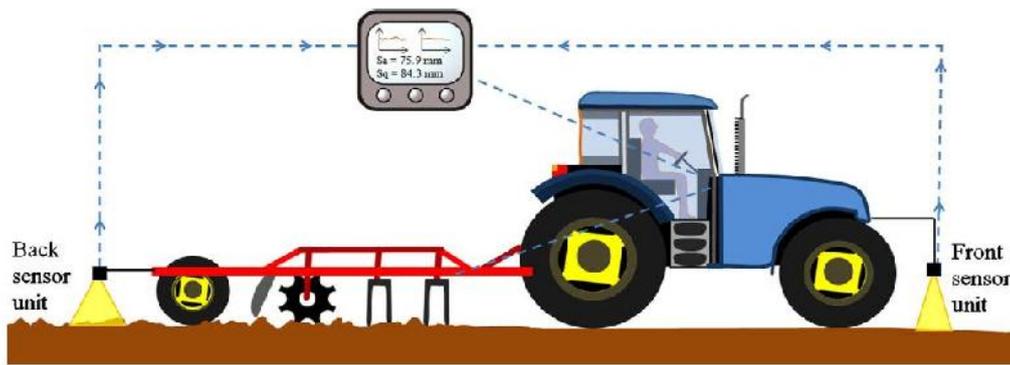


Figura 4.26 Representación esquemática de una unidad de sensor en tres dimensiones, colocado delante del tractor.

Tomada de: (Marinello, Pezzuolo, Gasparini, J.Arvidsson., & Sartori, 2015).

El presente estudio, aprovecha las tecnologías de cámaras de detección de profundidad RGB de Kinect. Este sensor incluye un emisor de rayos infrarrojos, una cámara infrarroja y una cámara RGB. Donde la información de profundidad se logra mediante un proceso de triangulación: una rejilla de difracción divide el láser infrarrojo en un patrón dado que se proyecta sobre la escena.

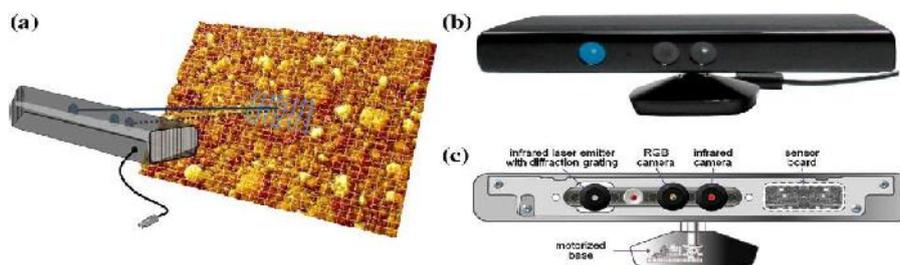


Figura 4.27 Detección tridimensional de Kinect, se basa en un principio de triangulación.

Tomada de: (Marinello, Pezzuolo, Gasparini, J.Arvidsson., & Sartori, 2015)

Para las pruebas experimentales, se utiliza la caracterización estática y dinámica de superficies tridimensionales. Por lo cual esta investigación se centra en la capacidad del sensor de cuantificar adecuadamente la rugosidad del suelo. Para ello, se efectúan investigaciones, que tienen tres series de experimentos:

- Pruebas de laboratorio sobre superficies de referencia calibradas: tienen como objetivo verificar el rendimiento real del sensor en la estimación de

parámetros de rugosidad. Para las pruebas, se eligen superficies de referencia con elementos hemisféricos.

- Pruebas de campo en diferentes superficies agrícolas de suelo: se realizó un primer conjunto de pruebas para verificar el rendimiento del sensor cuando se trata de diferentes operaciones de labranza.
- Pruebas de campo en una superficie de suelo perturbado a diferentes velocidades: el suelo fue triturado como en el primer conjunto de ensayos, pero a seis velocidades diferentes que oscilan entre 1.1 y 7.3 km / h. Se tomaron tres mediciones para cada porción tratada por medio del sensor Kinect, para un total de 18 mediciones.

Se eligieron cuatro parámetros, a saber Sa , Sq , Ssk y Sku , según la definición de la norma ISO 25178-2 (2012). Sa , es la altura media aritmética de los valores de ordenadas dentro de un área de definición A, se define por:

$$Sa = \frac{1}{A} \iint_A |z(x, y)| dx dy \quad (\text{Ecuación 25})$$

Donde x , y son las coordenadas en el eje horizontal y z la ordenada en el eje vertical.

Sq , es el valor cuadrático medio de los valores de ordenadas, y se define por:

$$Sq = \sqrt{\frac{1}{A} \iint_A z^2(x, y) dx dy} \quad (\text{Ecuación 26})$$

Ssk , es la asimetría de la superficie de escala limitada y se cuantifica por:

$$Ssk = \frac{1}{s_q^3} \left[\frac{1}{A} \iint_A z^3(x, y) dx dy \right] \quad (\text{Ecuación 27})$$

Sku ; es la curtosis de la superficie limitada en escala y se define como:

$$Sku = \frac{1}{S_q^4} \left[\frac{1}{A} \iint_A z^4(x, y) dx dy \right] \quad (\text{Ecuación 28})$$

Tomada de: (Marinello, Pezzuolo, Gasparini, J.Arvidsson., & Sartori, 2015)

Estos parámetros, no sólo cuantifican la amplitud principal de la distribución de rugosidad superficial (Sa y Sq), sino también el nivel de asimetría (Ssk) y de pico (Sku) de la propia distribución sobre su media. En conjunto, estos parámetros describen integralmente los diferentes aspectos de la condición del suelo.

En conclusión, las pruebas en las superficies de referencia demostraron cómo el sensor podría dar caracterización de rugosidad en superficies con rugosidad media de hasta 1 mm. También, se realizaron pruebas de campo en suelos que habían sido sometidos a diferentes métodos de labranza (arado, grada, vibrolabranza y rotación): en todos los casos, los diferentes valores de los parámetros de rugosidad podrían estar asociados con diferentes características de los suelos cultivados.

Las pruebas también incluyeron el desgarramiento a diferentes velocidades. El análisis de los conjuntos de datos se realizó sobre la base de los parámetros de rugosidad de la superficie, definidos por la serie ISO 25178 (2012): rugosidad media, rugosidad cuadrática media, asimetría y curtosis. Se discutió finalmente la correlación entre las diferentes condiciones de labranza y los parámetros de rugosidad que describen la morfología del suelo.

4.15 Superpixel-Based hand gesture recognition with Kinect Depth Camera.

Wang, Liu y Chan (2015) realizaron la investigación titulada: *SUPERPIXEL-BASED HAND GESTURE RECOGNITION WITH KINECT DEPTH CAMERA*, que con ayuda de la cámara de profundidad de Kinect genera un nuevo sistema de reconocimiento de gestos de mano basados en superpíxeles, el reconocimiento de estos en las manos ha recibido gran atención debido a sus potenciales aplicaciones en la interacción hombre – computadora.

Debido a la buena tasa de reconocimiento del gesto de mano segmentada, este sistema utilizará métodos basados en la segmentación para la detección de manos como se pueden observar en la Figura 4.28. Kinect puede capturar la imagen en color y el mapa de profundidad a 30Fps con resolución 640x820.



Figura 4.28 Segmentación para detección de mano.

Tomada de: (Wang, Liu, & Chan, 2015)

La textura del color y el mapa de profundidad son capturados simultáneamente por Kinect, con el método de Heikkila se recalibran los sensores de color e infrarrojos (IR) de Kinect. Con la utilización de articulaciones del seguimiento de esqueleto de Kinect se localizan las manos, muñecas y los codos (Figura 4.29).

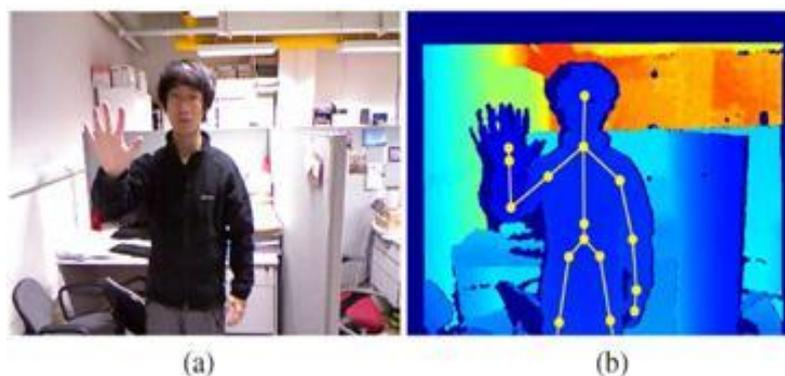


Figura 4.29 Articulaciones de movimiento capturadas por Kinect.

Tomada de: (Wang, Liu, & Chan, 2015)

Con el algoritmo Simple Linear Iterative Clustering (SLIC), se puede reforzar la capacidad de superpixels. El agrupamiento se realiza en un espacio 6D

incluyendo valores (l,a,b) del espacio de color CIELAB y las coordenadas de píxeles (x,y,d) , donde d es el valor de profundidad. D_s , es la suma ponderada de la distancia l,a,b , y la distancia x,y,d ; controlada por el coeficiente de compacidad c_s . K es la agrupación de medios que se utiliza sobre la base D_s .

$$D_s = d_{lab} + \frac{c_s}{N/K} d_{xyd} \quad (\text{Ecuación 29})$$

Tomada de: (Wang, Liu, & Chan, 2015)

Con la utilización de SLIC, la forma de la mano se segmenta en pequeños grupos “superpíxeles” como se puede apreciar en la Figura 4.30.

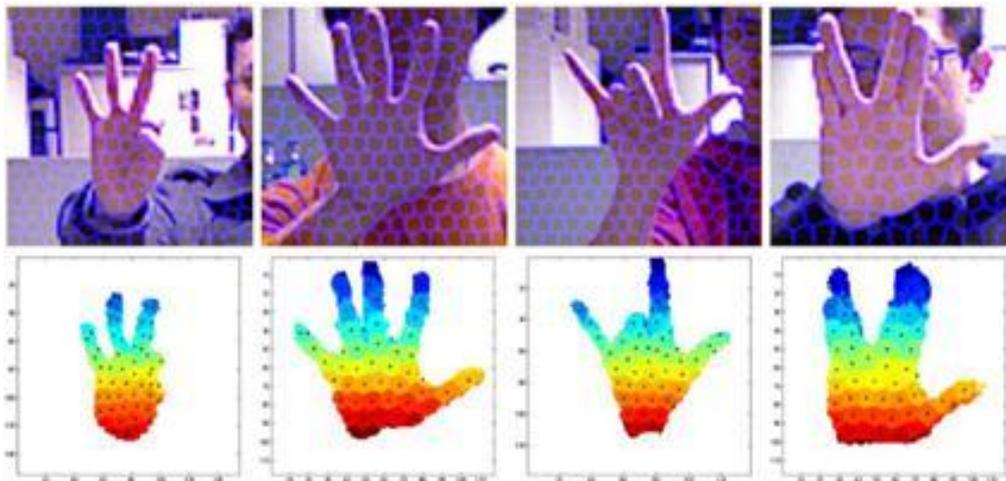


Figura 4.30 Segmentación de la mano.

Tomada de: (Wang, Liu, & Chan, 2015)

La distancia del motor terrestre EMD, es una medida de las distancia entre dos distribuciones de probabilidad sobre una región, que es ampliamente utilizado en recuperación de imágenes y reconocimiento de patrones. Se propone Superpixel Earth Mover's Distance (SP-EMD), que es una nueva métrica de distancia (Figura 4.31), mide conjuntamente la distancia entre dos gestos de mano basados en forma, textura y profundidad.

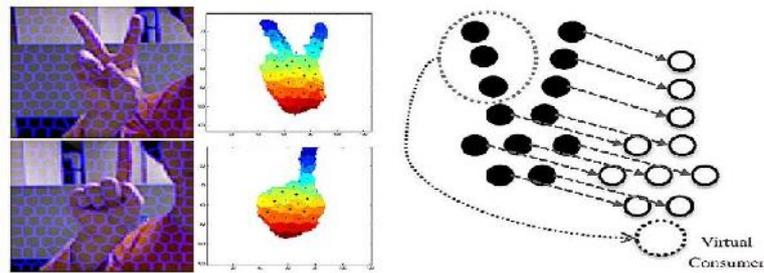


Figura 4.31 SP-EMD.

Tomada de: (Wang, Liu, & Chan, 2015)

El reconocimiento de los gestos de la mano, tiene un gran potencial en muchas aplicaciones como: juegos interactivos y sistemas de realidad virtual. El sistema desarrollado funcionó en tiempo real con una considerable precisión, lo que garantiza una agradable experiencia para el usuario. El sistema propuesto consiguió una alta precisión media (99.1%,99.6% y 75.8%) y una rápida velocidad de reconcomiendo promedio (0.067 segundos por gesto) para el reconocimiento de gestos de la mano.

4.16 Characterization of different Microsoft Kinect Sensor models

DiFilippo y Jouaneh (2015) en su trabajo titulado: *CHARACTERIZATION OF DIFFERENT MICROSOFT KINECT SENSOR MODELS*, investiga el rendimiento de tres modelos diferentes de sensor Kinect utilizando el controlador OpenNI de Primesense, centrándose en la precisión, respetabilidad y resolución.

Los sensores de Kinect analizados son: Xbox 360 y Kinect para Windows (K4W), la principal diferencia entre estos sensores es el rango de profundidad, mientras que el Kinect para Xbox 360 sólo puede determinar la distancia de un objeto entre 800 y 4000 mm, el K4W, posee una opción de modo cercano que permite cambiar el rango para objetos de entre 400 y 3000 mm.

Para determinar la cantidad de tiempo que el sensor Kinect tarda en alcanzar una temperatura interna estable, se utilizó un sensor de temperatura (LM35)

conectado a un Arduino uno y se lo conecta a Matlab 2012a. La Figura 4.32 muestra la respuesta de temperatura de los 3 modelos de Kinect.

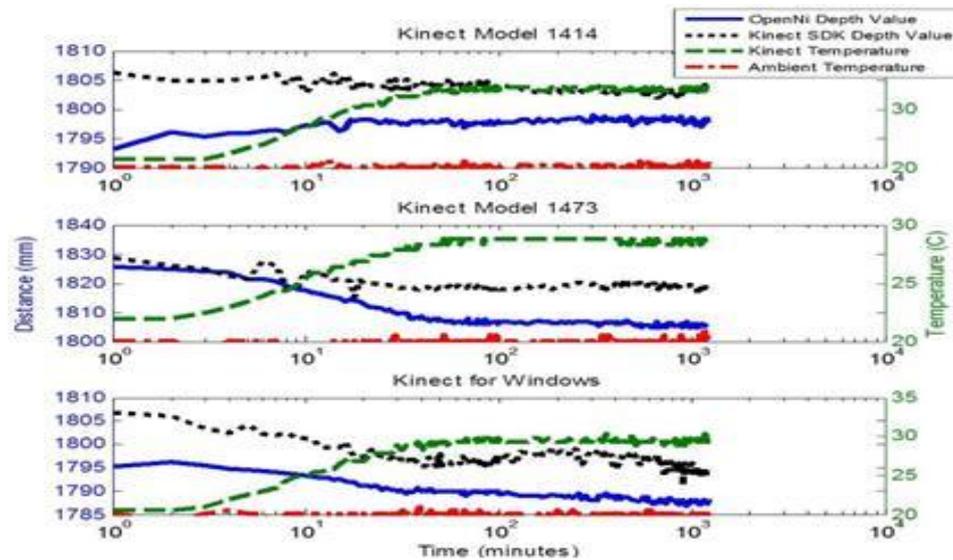


Figura 4.32 Respuesta de temperatura de Kinect.

Tomada de: (DiFillippo & Jouaneh, 2015)

El diseño utilizado para el experimento fue un diseño factorial completo, cuyo modelo de efectos es:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (\text{Ecuación 30})$$

Tomada de: (DiFillippo & Jouaneh, 2015)

Aquí, μ es el efecto medio global, τ_i es el efecto del i -ésimo nivel del modelo de Kinect y β_j es el efecto del j -ésimo nivel de la temperatura de funcionamiento. $(\tau\beta)_{ij}$, es el efecto de interacción entre el modelo de Kinect y la temperatura de funcionamiento, y ε_{ijk} es el término de error aleatorio. y_{ijk} , es la distancia devuelta por el sensor de Kinect cuando el modelo de Kinect está al nivel i , la temperatura de funcionamiento está al nivel j -ésimo y es la k -ésima réplica. Utilizando la herramienta DOE de Minitab, se generó una orden de ejecución aleatoria para el experimento.

En 11 de los 26 ensayos todos los sensores Kinect tienen una respuesta que es significativamente diferente entre sí. También muestra que en 7 de los 26

ensayos la respuesta de los Kinect 1414 y K4W no son significativamente diferentes, mientras que la respuesta entre ellos y el Kinect 1473. El Kinect 1414 y K4W son más propensos a producir resultados que no son estadísticamente diferentes en Distancias cuando el blanco estaba más lejos (<1200 mm) a baja temperatura y (<1700 mm) a altas temperaturas.

La Figura 4.33 **a** muestra que hay una distorsión de imagen, los picos a la izquierda y derecha que se muestran son pixeles cuyos valores de profundidad son cero. La aplicación de un factor de corrección Figura 4.33 **b** mejora la imagen.

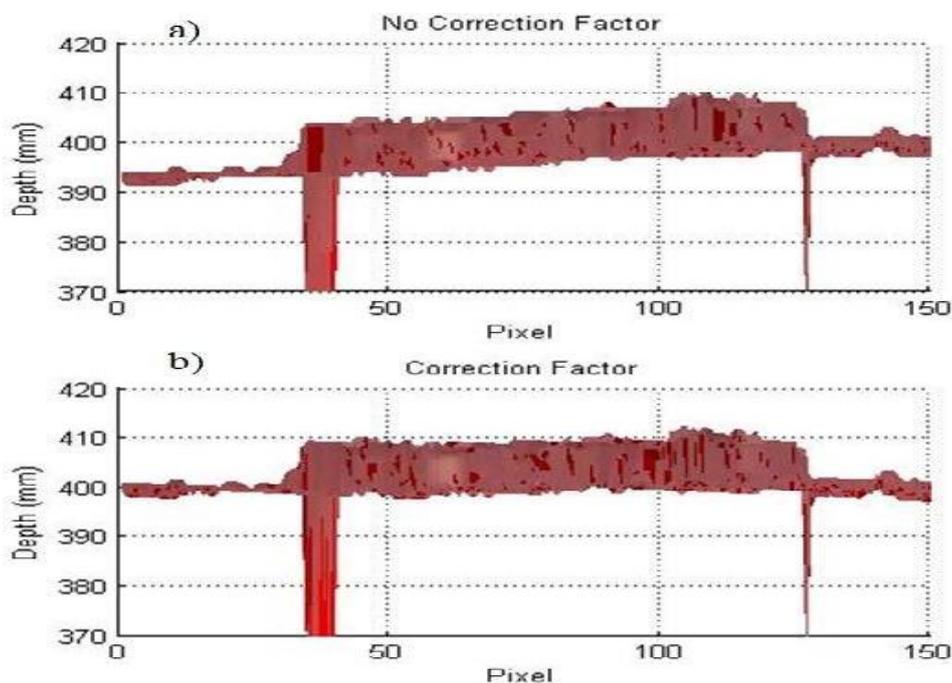


Figura 4.33 Distorsión de imagen a) normal b) con factor de corrección.

Tomada de: (DiFillippo & Jouaneh, 2015)

Todos los modelos de Kinect ofrecen resultados muy precisos a distancia cercanas (600 mm a 800 mm), a una temperatura de funcionamiento bajo, el Kinect 1473 sobrestima la profundidad de un objeto a medida que aumenta la distancia; funciona mejor cuando el objeto se mueve más lejos (1800 mm) mientras que los otros dos Kinect subestiman la distancia. El sensor Kinect es capaz de reconstruir con precisión un objeto 3D y determinar el volumen de los

objetos, Sin embargo es importante utilizar un factor de corrección y seleccionar correctamente un factor de corte para separar el fondo del objeto.

4.17 Kinect-Based Real-Time compressive Tracking Prototype System for Amphibious Spherical Robots.

La investigación realizada por Pan, Shi y Gou (2015) titulada: *A KINECT-BASED REAL-TIME COMPRESSIVE TRACKING PROTOTYPE SYSTEM FOR AMPHIBIOUS SPHERICAL ROBOTS*, tiene como objetivo diseñar un sistema de seguimiento visual, navegación autónoma, planificación de la trayectoria y la interacción robot-humano para un robot anfibio esférico (Figura 4.34).

Underwater Mode (Driven by 4 Vectored Water Jets)



Figura 4.34 Robot submarino esférico.
Tomada de: (Pan, Shi, & Guo, 2015)

En el 2012, Zhang propuso el algoritmo CT que proporcione un marco para el desarrollo de algoritmos de seguimiento real para los robots móviles. CT consta de dos etapas: Seguimiento y actualización. En la etapa de seguimiento, muestras de imagen candidatas o muestras del objetivo del $(n + 1)$ cuadro se muestrean alrededor de I_n , que es el resultado de seguimiento en el marco n -ésimo. Entonces, los vectores integrales de estos parches se calculan por acumulación. Basados en la teoría de sensores de compresión, los vectores integrales de alta dimensión de las muestras se comprimen para extraer características de tipo Haar-like utilizando una matriz de medición estática.

$$r_{i,j} = \sqrt{s}x \begin{cases} +1, \text{ Con Probabilidad } \frac{1}{2s} \\ 0, \text{ Con Probabilidad } 1 - \frac{1}{s} \\ -1, \text{ Con Probabilidad } \frac{1}{2s} \end{cases} \quad (\text{Ecuación 31})$$

Tomada de: (Pan, Shi, & Guo, 2015)

Debido a que el movimiento de un objetivo es continuo, está claro que la distancia entre la cámara y los objetivos no cambiaría marcadamente en la mayor parte del tiempo cuando no se produce una oclusión. De forma similar, el valor de profundidad de la región discreta disminuiría significativamente cuando se produce la oclusión. En consecuencia, el problema de oclusión de los algoritmos de seguimiento se puede aliviar o incluso manejar utilizando imágenes de profundidad capturadas por cámaras RGB-D.

Como se muestra en la Figura 4.35, se utilizó un rastreador VR-V para ayudar al rastreador CT. Como una versión actualizada de MeanShift, VR-V selecciona las mejores características discriminativas de los objetivos en línea y luego localiza objetivos con varios rastreadores MeanShift.

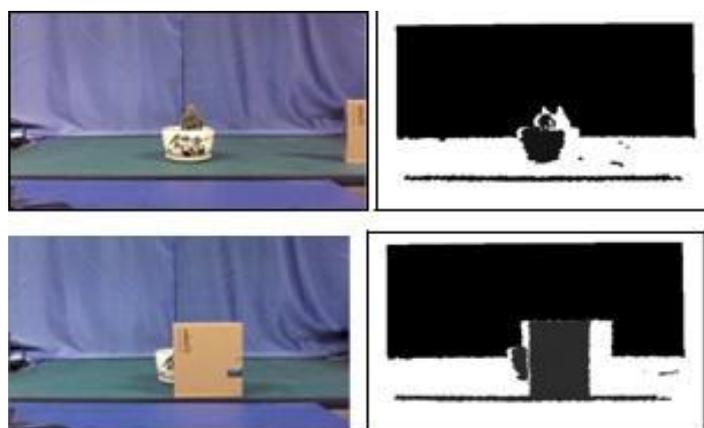


Figura 4.35 Captura de imagen con rastreador VR-V.

Tomada de: (Pan, Shi, & Guo, 2015)

El algoritmo de seguimiento visual en tiempo real, fue propuesto e implementado para el robot anfibio esférico, para satisfacer los requisitos de robustez, adaptabilidad y eficacia de los sistemas de rastreo el sensor Kinect fue adoptado para capturar imágenes en color y profundidad. La velocidad de

actualización del rastreador CT se ajustó mediante una estrategia de retroalimentación, que en parte resolvió el problema de su ineficacia en situaciones de oclusión completa, movimiento de objetivo irregular y variación de iluminación. Kinect, no es capaz de proporcionar imágenes en profundidad de alta calidad en el entorno al aire libre y submarino, ya que adquirir información de profundidad con un proyector infrarrojo punto de punto y una cámara de infrarrojos

4.18 A Kinect-Based Human Micro-Doppler Simulator.

Erol y Karabacak (2015) en su investigación: *A KINECT-BASED HUMAN MICRO-DOPPLER SIMULATOR*, se plantean desarrollar un radar de bajo costo basado en Kinect, el sensor Kinect se utiliza como un sistema sin marcadores para capturar información de coordenadas que varían en el tiempo de movimiento de las articulaciones.

En este trabajo, MATLAB se utilizó para capturar imágenes a una resolución de 460 x 840 píxeles a una velocidad de fotogramas de 18 Hz. La cámara de color Kinect tiene una resolución relativamente baja de 640 por 480 píxeles con un filtro de color Bayer, pero el hardware es capaz de generar resoluciones de hasta 1280 x 1024 a una velocidad de fotogramas más baja y otros formatos de color como UYVY.



Figura 4.36 Captura de imagen Con efectos de Sombra
Tomada de: (Erol & Karabacak, 2015)

Kinect no puede detectar objetos cristalinos o altamente reflexivos, y puede generar solamente un mapa de la profundidad del IR para los objetos situados a 0.7 m de distancia. Además, Kinect es susceptible a los efectos de la sombra, es decir, el fallo de la energía IR para llegar a las áreas bloqueadas por los objetos (Figura 4.36).

La señal de radar recibida es una versión con retardo de tiempo de la señal transmitida, mientras que el retardo t de trayectoria circular depende del rango objetivo R , como $t = 2R / c$. Por lo tanto, el retorno de un objetivo puntual para un radar de pulso-Doppler modulado en frecuencia lineal (LFM) puede ser representado como:

$$s_r(n, t) = a_t \text{rect} \left(\frac{\hat{t} - t_d}{\tau} \right) e^{j \left[-2\pi \int_c^t d + \pi \gamma (\hat{t} - t_d)^2 \right]} \quad (\text{Ecuación 32})$$

Tomada de: (Erol & Karabacak, 2015)

Donde, el tiempo t se define como $t = T(n-1) + \hat{t}$ en términos del intervalo de repetición de impulsos (PRI) T , el número de impulsos n , y el tiempo relativo al inicio de cada PRI \hat{t} ; A es la amplitud dada por la ecuación del rango radar; τ es la anchura del impulso; c es la velocidad de la luz; γ es la pendiente de chirrido; $\int_c^t d$ es la frecuencia central transmitida.

El radar recibe retornos de las superficies iluminadas no objetivas, conocido como el desorden. Los efectos del desorden, así como otras fuentes de ruido e interferencia, pueden ser incluidos en el simulador simplemente añadiendo los modelos matemáticos relevantes a la expresión en antes indicada. Como el foco es la simulación de Doppler humano, tales efectos no se incluyen en esta investigación.

El algoritmo de seguimiento del esqueleto implementado en este trabajo comienza cuando el usuario entra en el campo de visión de la cámara. Cuando el sujeto permanece inmóvil en una posición inicial dada, el algoritmo detecta la postura y superpone un esqueleto que comprende 20 puntos sobre la figura humana detectada. La Figura 4.37 ilustra la estructura esquelética de la postura

(la posición de una persona de pie), las piernas ligeramente separadas y las manos levantadas hacia arriba dobladas en los codos, así como las definiciones de articulación especificadas en el software.

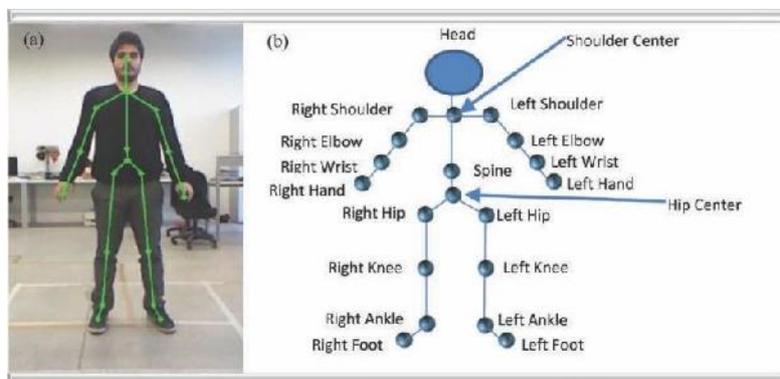


Figura 4.37 Seguimientos de esqueleto (Puntos detectados por kinect)

Tomada de: (Erol & Karabacak, 2015)

La información de posición se utiliza entonces para calcular el retorno esperado de un radar Doppler pulsado, a partir del cual se forma la firma micro-Doppler. La precisión de la medición de profundidad del sensor Kinect no es tan precisa como los sistemas MOCAP especialmente diseñados. Sin embargo, se muestra que los espectrogramas generados a partir de los datos de Kinect son comparables a los generados a partir de modelos cinéticos y datos de MOCAP de alta calidad y, por tanto, explotables para estudios de micro Doppler humano. Una base de datos de las firmas de Doppler se compila para 16 personas que participan en cinco actividades diferentes: caminar, correr, saltar, boxeo y movimiento al azar.

Al clasificar las actividades como cinco posibles actividades se obtuvo una validación correcta de 80% para caminar, 85% para correr, 93% para boxear, 90% para saltar y 87% para movimiento aleatorio. Además, se demostró que los espectrogramas derivados de Kinect eran de calidad suficiente que podían utilizarse como datos de entrenamiento para clasificar otras fuentes de datos micro Doppler. Por lo tanto, se validó que el sistema basado en Kinect en

efecto de simulación podría ser utilizado para el desarrollo de algoritmos relacionados con el reconocimiento de la actividad humana.

4.19 ePHoRt Project: A Web-Based Platform for Home Motor Rehabilitation.

Los investigadores Rybarczyk, Deters, Gonzalvo, Gonzalez, Villarreal, y Esparza, presentan el tema titulado: *ePHoRt PROJECT: A WEB-BASED PLATFORM FOR HOME MOTOR REHABILITATION*, donde pretenden desarrollar un sistema basado en la web para la monitorización remota de ejercicios de rehabilitación en pacientes después de la cirugía de reemplazo de cadera.

Esta herramienta, puede facilitar y mejorar la recuperación motora de la persona, debido a que será capaz de realizar los movimientos terapéuticos en casa y en cualquier momento. Teniendo así, la oportunidad de practicar los ejercicios regularmente y con frecuencia para disminuir el tiempo de rehabilitación. Para ello, el documento describe un experimento que evalúa la validez y exactitud de captura visual mediante una comparación con un sensor acelerómetro y un Kinect, para lo cual se aborda tres temas que son:

- La tecnología de captura de movimiento debe ser de bajo coste, con la finalidad de usarlo en todo el mundo.
- El sistema debe detectar automáticamente la corrección del movimiento ejecutado, para proporcionar al paciente una información en tiempo real.
- Los nuevos enfoques computacionales tienen que ser investigados.

El proyecto ePHoRt, es una aplicación Web basada en una arquitectura cliente servidor de tres capas (Figura 4.38). La capa cliente (browser) será desarrollada en JavaScript por el uso de dos posibles frameworks: jQuery o AngularJS. La capa de aplicación (domain server) será implementada en el framework Django desde Python o Java framework. La capa de servidor de datos (database) se desarrollará en MySQL.

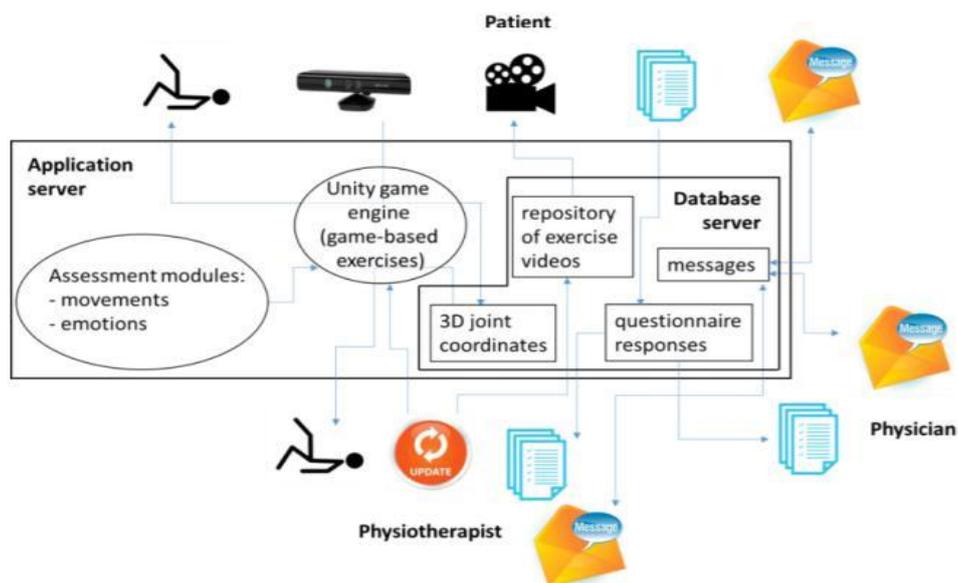


Figura 4.38 Arquitectura de la plataforma ePHoRt.

Tomada de: (Rybarczyk, Deters, Gonzalvo, Gonzalez, Villarreal, & Esparza)

Para la evaluación de la captura de movimiento basado en la visión, se usa 3 métodos como la configuración experimental: donde 4 personas participaron para mover los brazos en dos planos diferentes (frontal y sagital) y a dos velocidades diferentes (regulares y rápidos), repitiendo dichos movimientos 3 veces. Los movimientos del plano frontal consistían en una abducción del hombro sin doblar el codo (Figura 4.39, a la izquierda). Los movimientos del plano sagital consistieron en una flexión del hombro, también extendida a 90° y realizada a velocidad rápida y regular (Figura 4.39, a la derecha).



Figura 4.39 Los dos movimientos distintos del brazo: abducción del hombro (a la izquierda) y flexión (a la derecha).

Tomada de: (Rybarczyk, Deters, Gonzalvo, Gonzalez, Villarreal, & Esparza)

En cuanto a la adquisición de datos, se desarrolló una aplicación para el sistema Android (SDK versión 24) con el uso del lenguaje de programación Processing (versión 3.2.2), para registrar la captura de movimiento desde el acelerómetro. Los datos se extrajeron utilizando la biblioteca de sensores Ketai. Luego, estos datos fueron enviados por Wi-Fi a un computador por medio de mensajes OSC. Se implementó una GUI para permitir al experimentador ajustar el tiempo mínimo y máximo de movimiento y la frecuencia de muestreo del registro (Figura 4.39 derecha).

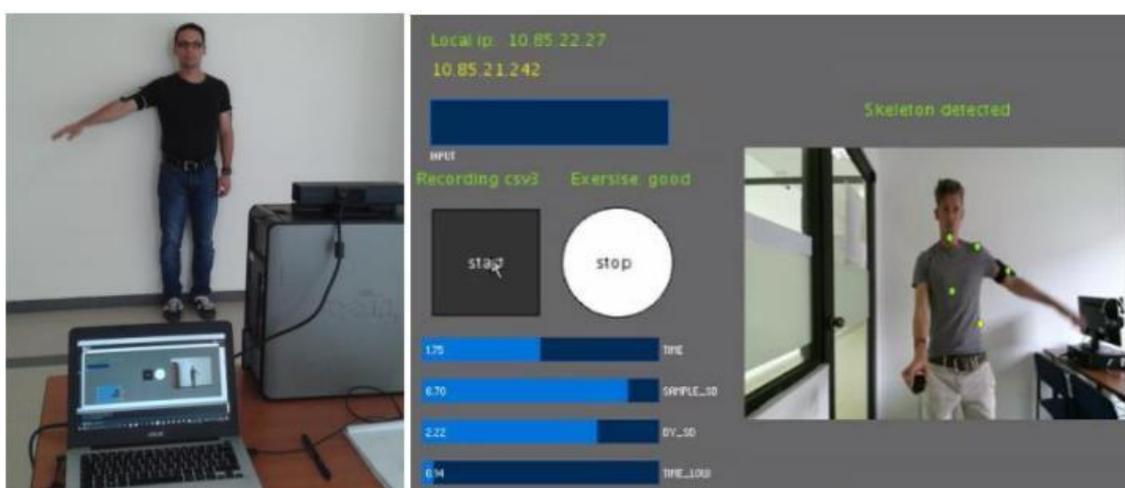


Figura 4.40 El montaje experimental (a la izquierda) y la interfaz gráfica de usuario del programa de grabación (a la derecha).

Tomada de: (Rybarczyk, Deters, Gonzalvo, Gonzalez, Villarreal, & Esparza)

Con respecto al procesamiento de datos; los datos del acelerómetro dieron una representación del cambio de la aceleración en cada uno de los tres ejes espaciales y permiten deducir la ubicación del brazo. Sin embargo, el efecto de la fuerza centrípeta también se calculó y se resta de los datos en bruto, con el fin de obtener el valor real de la posición angular de la extremidad. El vector de traducción se aplicó al esqueleto conjunto de mitad de la columna vertebral, con el fin de calcular el ángulo del brazo con relación al cuerpo mediante el uso de la fórmula de Heron:

$$\cos \gamma = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab} \quad (\text{Ecuación 33})$$

Tomada de: (Rybarczyk, Deters, Gonzalvo, Gonzalez, Villarreal, & Esparza)

En conclusión, este proyecto es innovador basado en una plataforma de telemedicina para mejorar la rehabilitación motora después de la cirugía de reemplazo de cadera, teniendo como uso tecnologías de bajo costo. El Kinect es una herramienta potencial para la captura de movimiento, pero su validez y precisión tuvo que ser probada. Para ello, los movimientos realizados en los planos frontal y sagital se registraron simultáneamente a través de un acelerómetro y un Kinect. El primero se utiliza como referencia para calibrar la precisión de este último. Los resultados mostraron una correlación muy alta entre los sensores de movimiento basado en la inercia y la visión, independientemente del plano en el que se ejecute el movimiento. Los datos que se obtuvieron experimentalmente son adecuados para un programa de rehabilitación física, en el que no se espera que los pacientes realicen ejercicios a muy alta velocidad.

5 Conclusiones y Recomendaciones.

5.1 Conclusiones.

Kinect fue desarrollado para la utilización en videojuegos. La curiosidad humana y el deseo de facilitar la realización de tareas cotidianas, hizo que programadores y aficionados “*hackearan*” la primera versión de Kinect, con esto se pudo desarrollar e implementar aplicaciones y controladores.

Se puede concluir que Microsoft, se vio obligado a la liberación del código fuente de Kinect y los paquetes de desarrollo con el fin de servir de soporte para las distintas utilidades que le dieron sus usuarios tales como la creación de robots. Además, gracias a la liberación del código fuente, son capaces de detectar con mayor facilidad los fallos de Kinect gracias a la comunidad que experimenta y reporta estos.

Kinect es el pionero en el desarrollo de tecnologías de control natural, a partir del éxito presentado, las empresas de la competencia empezaron a desarrollar diferentes tipos de tecnología que cumplen el mismo principio de funcionamiento, que es la utilización de movimientos de extremidades o gestos del cuerpo humano.

Se puede apreciar que el mayor número de proyectos propuestos en Ecuador fueron desarrollados a partir del año 2013, este hecho se justifica debido a que Microsoft libero el código fuente en 2012 junto con el nuevo sensor de Kinect para PC lo cual facilito la implementación en los distintos proyectos de investigación.

Las aplicaciones desarrolladas todavía tienen errores al momento de identificar los movimientos de los usuarios debido a lo cual se producen anomalías en el funcionamiento. Para mitigar estos errores el fabricante recomienda trabajar en un campo de visión horizontal de 57 grados, visión vertical 43 grados, rango de inclinación física ± 27 grados y un rango de profundidad de 1,2 metros a 3,5 metros.

Los brazos robóticos implementados solo manejan una pinza en lugar de una mano robótica, por lo tanto, se puede concluir que las innovaciones tiene que venir dadas en una mayor investigación para la implementación de una mano robótica que maneje un mayor número de articulaciones lo cual le daría un mayor rango de usos y aplicaciones para personas con discapacidades ya que se beneficiarían obteniendo una mayor calidad de vida.

El sensor Kinect aplicando en el sector del aprendizaje es una gran apuesta para el futuro ya que modifica la forma en que los estudiantes adquieren conocimiento, dotándolo de un mayor interés, se debería realizar un mayor glosario de materias e implementación en los centros de estudio.

Los robots acompañantes son una gran innovación y sirven de ayuda especialmente a las personas con discapacidades, el auge de estos viene dada gracias al sensor Kinect ya que esto reduce los costos y permite hacer accesibles estos robots a cualquier público, por otro lado, se debería trabajar en la presentación del robot para que resulte más amigable e intuitivo.

Se puede concluir que gracias al sensor Kinect muchos laboratorios de recreación de movimientos serán sustituidos en un futuro al ser este más barato y de mucha más ayuda, ya que se puede utilizar en diversos campos adaptándose a cualquier superficie y no siendo necesario un laboratorio con todos los componentes necesarios, se tiene que pulir los rangos de detección para que se maneje con una mayor exactitud la captura de movimientos.

Los robots imitadores creados a partir del sensor Kinect son una gran evolución en la robótica ya que se minimizan costos, por el momento estos robots tienen ciertas falencias en sus movimientos ya que no pueden caminar o realizan ciertos movimientos con ciertas limitaciones, para un mejor desarrollo de los mismos se debería adicionar el uso de un controlador de equilibrio y comandos de voz.

5.2 Recomendaciones.

Se debe realizar una investigación del estado del arte de las tecnologías de control natural como Leap Motion, Softkinectic, D-Imager, Xtion PRO, MYO; que fueron desarrolladas por otros fabricantes, destacando sus ventajas y desventajas con respecto a Kinect.

A fin de tener una mayor base de conocimiento y diversas fuentes de consulta, se debe realizar una revisión bibliográfica de los proyectos planteados a nivel mundial y no centrarse en los existentes en nuestro país ya que esto limita la adquisición de conocimiento.

Es aconsejable realizar los proyectos en las condiciones ideales especificadas por Microsoft para evitar los errores en la captación de movimientos con el sensor Kinect.

Debido a la premura del tiempo aún quedaron trabajos por investigar sobre el desarrollo de la tecnología Kinect en las universidades del Ecuador, se debería hacer el estudio de dichos trabajos ya que es muy viable que estudiantes puedan hacer un aporte al resto de personas que están por graduarse, donde podrán obtener posibles temas interesantes a desarrollar y que seguramente serán de ayuda a personas que tengan alguna discapacidad física y puedan mejorar su estilo de vida.

REFERENCIAS.

ACISSI. (2011). Seguridad Informática Ethical Hacking. *Barcelona: Ediciones ENI.*

Aguilar, G. H. (26 de septiembre de 2012). Scridb. Recuperado el 01 de Marzo de 2013, de *Objetivos de la Auditoría Informática: <http://es.scribd.com/doc/81128724/17/Objetivos-de-la-auditoria-informatica>*

Almendariz Haro, J. F., & Nogales Romero, L. P. (Marzo de 2014). CONTROL DE MOVIMIENTO DE UN QUADROTOR MEDIANTE UN SENSOR DE PROFUNDIDAD KINECT. Recuperado el 21 de Noviembre de 2016, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7372/1/CD-5521.pdf>

Aponte, F. (21 de marzo de 2016). ANALISIS Y DISEÑO. Recuperado el 05 de octubre de 2016, de <http://fernandaaponte1998.blogspot.com/2016/03/disenio-de-procedimiento-de-usuario-e.html>

Araujo Vásquez, V. G., & Tipán Riofrío, M. M. (04 de 2015). CONTROL DE UN ROBOT BÍPEDO HUMANOIDE EN UN ESPACIO 3D MEDIANTE EL SENSOR KINECT. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10159>

Artega, S. (16 de 05 de 2015). Myo, un brazalete para controlar los dispositivos con gestos. Recuperado el 1 de Octubre de 2016, de <http://computerhoy.com/noticias/hardware/myo-brazalete-controlar-dispositivos-gestos-35559>

ASUS. (s.f.). Xtion PRO LIVE. Recuperado el 11 de octubre de 2016, de https://www.asus.com/3D-Sensor/Xtion_PRO_LIVE/

Ayala Cajas, C. A., & Guerreño Hidrovo, R. G. (05 de 2013). SISTEMA DE SEGURIDAD INTELIGENTE BASADO EN RECONOCIMIENTO DE

PATRONES MEDIANTE TECNOLOGÍA KINECT PARA RESTRINGIR EL ACCESO NO AUTORIZADO A CONSOLAS DE ADMINISTRACIÓN Y MONITOREO. *Recuperado el 15 de Noviembre de 2016, de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/6517/T-ESPE-047111.pdf?sequence=1&isAllowed=y>*

Bertucci, J. (17 de junio de 2011). Scribd. Recuperado el 06 de julio de 2012, de Auditoría en Infomática: <http://es.scribd.com/doc/58107282/Auditoria-a-Unidad-II-6>

c.s-microsoft.com. (s.f.). *Recuperado el 13 de noviembre de 2016, de https://c.s-microsoft.com/en-us/CMSImages/Surface_Book_1_FeaturePanelRightAlign_V2.jpg?version=e6d64a49-2574-a714-6ce8-f62e4df480c6*

Calle, J. L. (Diciembre de 2014). DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PUBLICIDAD CON REALIDAD AUMENTADA PARA OPTIMIZAR LA PROMOCIÓN DE SERVICIOS Y CARRERAS DE LA PUCESA. Recuperado el 16 de Noviembre de 2016, de PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE AMBATO: <http://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/1026>

Cao, D., Ming, C. L., & Zhaozheng, Y. (2015). American Sign Language Alphabet Recognition Using Microsoft Kinect. Missouri University of Science and Technology .

Cartes, C., & Calahorrano, G. (Mayo de 2015). DESARROLLO DE UN VIDEOJUEGO PARA COMPLEMENTAR LA ENSEÑANZA DE MATEMÁTICAS ELEMENTALES EN NIÑOS DE SEGUNDO AÑO DE EDUCACIÓN BASICA, UTILIZANDO EL DISPOSITIVO DE ENTRADA POR DETECCIÓN DE MOVIMIENTO 'KINECT' DE MICROSOFT. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec:8080/jspui/bitstream/21000/10822/1/T-ESPE-048991.pdf>

- Chuya Sumba, J. P., Cuenca Guaraca, M. d., & Delgado Guaraca, K. M. (2013). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO HUMANO USANDO SENSORES KINECT. Recuperado el 27 de Octubre de 2016, de Universidad Politécnica Salesiana Ecuador: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5092/1/UPS-CT002692.pdf>*
- Cicirelli, G., Attolico, C., Guaragnella, C., & D'Orazio, T. (2014). A Kinect-based Gesture Recognition Approach for a Natural Human Robot Interface. OPEN ACCESS .*
- Costas, S. J. (2010). SEGURIDAD INFORMÁTICA. Madrid - España: Editorial Ra-Ma.*
- Cujano, M. V., & Vera, C. I. (2016). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTERACTIVO MEDIANTE TECNOLOGÍA KINECT V2.0 PARA DESARROLLAR LAS HABILIDADES PSICOMOTRICES EN PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL. Recuperado el 27 de Noviembre de 27, de UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/2845/1/UNACH-EC-IET-2016-0020.pdf>*
- DiFillippo, N., & Jouaneh, M. (2015). Characterization of Different Microsoft Kinect Sensor Models. IEEE SENSORS JOURNAL .*
- D-Imager. (s.f.). Recuperado el 17 de Octubre de 2016, de <http://www2.panasonic.biz/es/densetsu/device/3DImageSensor/en/product.html>*
- Duque, E. (03 de febrero de 2015). Qué es el Microsoft Kinect? Recuperado el 04 de octubre de 2016, de <https://edwinnui.wordpress.com/2015/02/03/qu-es-el-microsoft-kinect/>*

- Erol, B., & Karabacak, C. (2015). *A Kinect-Based Human Micro-Doppler Simulator*. IEEE A&E SYSTEMS MAGAZINE .
- Espinoza Tapia, G. P., & González Neira, M. S. (2015). DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE APRENDIZAJE INTERACTIVO PARA NIÑOS CON DISCAPACIDAD INTELECTUAL Y PROBLEMAS DE APRENDIZAJE. *Recuperado el 27 de Noviembre de 2016, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21680/1/tesis.pdf>*
- Fernández, F., Botana, J., Sempere, M., Gonzalez, C., & Gil, D. (2014). Captura de movimiento del alumnado: una aproximación. *Recuperado el 12 de Octubre de 2016, de Universidad de Alicante: <https://web.ua.es/va/ice/jornadas-redes-2014/documentos/comunicacions-posters/tema-1/390624.pdf>*
- Han, J., Kurillo, G., Abresch, R., De Bie, E., & Nicorici, A. (2015). *UPPER EXTREMITY 3-DIMENSIONAL REACHABLE WORKSPACE ANALYSIS IN DYSTROPHINOPATHY USING KINECT*. MUSCLE & NERVE .
- Hernández, L. A., & Herrera, J. D. (2013). ANÁLISIS Y ESTUDIO DE LOS CÓDIGOS FUENTE SDK (KIT DE DESARROLLO DE SOFTWARE) E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN DEMOSTRATIVA QUE REGISTRE LA CAPTACIÓN DE MOVIMIENTOS DE MANOS Y BRAZOS DEL CUERPO HUMANO A TRAVÉS DE LED'S INDICADORES MEDIANTE LA UTILIZACI. *Recuperado el 27 de Noviembre de 2016, de Universidad Politécnica Salesiana Ecuador: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4143/1/UPS-ST000931.pdf>*
- Hsia, C.-H. (2015). *Improved Depth Image-Based Rendering Using an Adaptive Compensation Method on an Autostereoscopic 3-D Display for a Kinect Sensor*. IEEE SENSORS JOURNAL .

- Hurtado, A. G. (2011). SEGURIDAD INFORMÁTICA Sistemas Microinformáticos y Redes. Madrid, España: Gráficas Rogar.
- Iruela, J. (20 de octubre de 2016). Natural User Interfaces. Recuperado el 25 de octubre de 2016, de <http://revistadigital.inesem.es/nuevas-tecnologias/natural-user-interface/>
- Knies, R. (02 de octubre de 2013). Collaboration, expertise produce enhanced sensing in Xbox One. Recuperado el 27 de septiembre de 2016, de https://blogs.technet.microsoft.com/microsoft_blog/2013/10/02/collaborati-on-expertise-produce-enhanced-sensing-in-xbox-one/
- Lange, B., Chang, C.-Y., Suma, E., Newman, B., Skip Rizzo, A., & Bolas, M. (2011). Development and Evaluation of Low Cost Game-Based Balance. 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS .
- Leap Motion. (s.f.). Recuperado el 19 de Octubre de 2016, de CCM Benchmark: <http://es.ccm.net/faq/11108-leap-motion#que-es-leap-motion>
- López, J. T. (Diciembre de 2013). Reconocimiento e interpretación de gesto con dispositivo Leap. Recuperado el 19 de Octubre de 2016, de Universidad Zaragoza: <https://zagan.unizar.es/record/12916/files/TAZ-TFM-2013-1096.pdf>
- López, P. A. (2010). SEGURIDAD INFORMÁTICA. Madrid: Editex S.A.
- Manzano, R. V. (2014). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DOSPOSITIVO PARA REHABILITACION DE RODILLA CON EL ENVÍO DE TRASNMISSION DE DATOS POR RF. Recuperado el 30 de Noviembre de 2016, de UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/651/1/UNACH-EC-IET-2014-0005.pdf>

Marinello, F., Pezzuolo, A., Gasparini, F., J.Arvidsson., & Sartori, L. (2015). *Application of the Kinect sensor for dynamic soil surface*. CrossMark .

Mendoza Leoro, J. B., & Romero Aguilar, S. A. (22 de Mayo de 2013). DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO DE ROBOT CUATRICAR ASISTENTE DE SIMPLE TRACCION CON SEGUIMIENTO DE ESQUELETO POR MEDIO DEL DISPOSITIVO DE ADQUISICION Y PROCESAMIENTO DE IMÁGENES MICROSOFT KINECT. *Recuperado el 22 de Noviembre de 2016, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6685/1/T-ESPE-047175.pdf>*

Mendoza, J. D., Marquez Dominguez, J. A., & Sabino Moxo, B. A. (2014). *Desarrollo de una Interfaz Natural de Usuario para Rehabilitación Motriz*. Unsis .

Mesías Ulloa, A. R., & López Molina, C. R. (junio de 2012). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO A ESCALA DE ROBOT MÓVIL ACOMPAÑANTE. *Recuperado el 20 de Noviembre de 2016, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4832/1/CD-4424.pdf>*

Microsoft. (s.f.). c.s-microsoft.com. *Recuperado el 13 de noviembre de 2016, de https://c.s-microsoft.com/en-us/CMSImages/Surface_Book_1_FeaturePanelRightAlign_V2.jpg?version=e6d64a49-2574-a714-6ce8-f62e4df480c6*

Microsoft. (s.f.). Herramientas y recursos de Kinect. *Recuperado el 10 de octubre de 2016, de <https://developer.microsoft.com/es-es/windows/kinect/tools>*

Microsoft. (s.f.). Imaginación y futuro desde Microsoft Research. *Recuperado el 05 de octubre de 2016, de <https://news.microsoft.com/es-xl/imaginacion-y-futuro-desde-microsoft-research/#sm.001dj3wd217occvlssz2piw22lvkx>*

Microsoft. (23 de noviembre de 2015). Kinect for Windows Sensor Components and Specifications. Recuperado el 01 de noviembre de 2016, de Kinect for Windows Sensor Components and Specifications

Microsoft. (18 de mayo de 2009). Proyectos de investigación y desarrollo relacionados con la accesibilidad. Recuperado el 04 de octubre de 2016, de <https://www.microsoft.com/spain/accesibilidad/microsoft/research.aspx>

Microsoft, & Clayton, S. (11 de marzo de 2011). Microsoft imagina futuro de interface natural de usuario. Recuperado el 10 de abril de 2016, de <https://blogs.technet.microsoft.com/microsoftlatam/2011/03/11/microsoft-imagina-futuro-de-interface-natural-de-usuario/>

Microsoft, & LATAM, N. C. (27 de enero de 2016). Imaginación y futuro desde Microsoft Research. Recuperado el 05 de octubre de 2016, de <https://news.microsoft.com/es-xl/imaginacion-y-futuro-desde-microsoft-research/#sm.001dj3wd217occvlssz2piw22lvkx>

Mingo, L. M. (2016). CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL RECONOCIMIENTO Y TRADUCCION DEL LENGUAJE DE SEÑAS A TEXTO UTILIZANDO EL SENSOR KINECT. Recuperado el 04 de Diciembre de 2016, de UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10907/1/Mingo%20Morocho,%20Leydi%20Maribel.pdf>

Murillo, A. (28 de enero de 2014). Kinect for Fevelopers. Recuperado el 15 de octubre de 2016, de <http://www.kinectfordevelopers.com/es/2014/01/28/caracteristicas-kinect-2/>

Ortega, C. A., & Sánchez, D. J. (Junio de 2016). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE NAVEGACIÓN PARA ASISTENCIA DE PERSONAS NO VIDENTES. Recuperado el 16 de

Noviembre de 2016, de ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL:
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16471>

Ortíz, G., & Mosquera, W. (Abril de 2015). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL ANÁLISIS DE MOVIMIENTO CORPORAL HUMANO. Recuperado el 04 de Diciembre de 2016, de ESPE:
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10388/1/T-ESPE-048764.pdf>

Palacios, N. G., García, M. I., & Ramos, L. P. (2015). *A Kinect-Based System for Lower Limb Rehabilitation in Parkinson's Disease Patients: a Pilot Study*. CrossMark .

Pan, S., Shi, L., & Guo, S. (2015). *A Kinect-Based Real-Time Compressive Tracking Prototype System for Amphibious Spherical Robots*. Sensors .

Panasonic. (s.f.). D-Imager. Recuperado el 17 de Octubre de 2016, de
<http://www2.panasonic.biz/es/densetsu/device/3DImageSensor/en/product.html>

Parra Romo, N. A. (04 de 2013). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA UN ROBOT IMITADOR EN UNA PLATAFORMA HUMANOIDE MEDIANTE ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMAGEN Y VIDEO. Recuperado el 20 de Noviembre de 2016, de
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6336/1/CD-4860.pdf>

Pastor, J. (13 de marzo de 2009). Evolución de la interfaz Visual. Recuperado el 04 de octubre de 2016, de
http://www.muycomputer.com/2009/03/13/actualidadespecialesevolucion-de-la-interfaz-visual_we9erk2xxdd4oidxxxvozgkdcfmmjlvwle-_joya-moyysz3o5lyeyrp3ynuqyx

Peñaherrera Sandoval, L. E. (2014). DESARROLLO DE UN SISTEMA DE APRENDIZAJE INTERACTIVO PARA EL ÁREA DEL IDIOMA INGLÉS

CON EL SOPORTE DEL KINECT DE MICROSOFT- CASO PRÁCTICO PARA NIÑOS DE 6 A 8 AÑOS EN EL CENTRO EDUCATIVO ILINIZAS. Recuperado el 16 de Noviembre de 2016, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9251/1/T-ESPEL-SOF-007.pdf>

Pérez Montenegro, E. E. (marzo de 2014). RECONOCIMIENTO DE MOVIMIENTOS DEL CUERPO HUMANO BASADO EN TECNOLOGÍA KINECT. Recuperado el 25 de Noviembre de 2016, de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5773/1/56481_1.pdf

Piattini, M. G. (2005). AUDITORÍA INFORMÁTICA Un enfoque practico 2da edicion. México: ALFA OMEGA GRUPO EDITOR S.A.

Quishpe Tutillo, L. F., & Ulloa Jácome, D. E. (Julio de 2014). IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE UNA HABITACIÓN CON UN SISTEMA DE ASISTENCIA PARA DISCAPACITADOS, MEDIANTE EL USO DE UN SENSOR DE INTERFAZ NATURAL DE USUARIO KINECT DE MICROSOFT. Recuperado el 31 de Octubre de 2016, de dSPACE.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5092/1/UPS-CT002692.pdf

Raheja, J., Chaudhary, A., & Singal, K. (2011). *Tracking of Fingertips and Centres of Palm using KINECT*. Third International Conference on Computational Intelligence .

Raheja, J., Minhas, M., Prashanth, D., Shah, T., & Chaudhary, A. (2015). *Robust gesture recognition using Kinect: A comparison between DTW and HMM*. EL SEVIER .

Riofrío, S. J. (Agosto de 2014). IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE PATRONES DE MOVIMIENTO CON LAS EXTREMIDADES SUPERIORES DEL CUERPO HUMANO. Recuperado el 27 de Noviembre de 2016, de ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8571/3/CD-5780.pdf>

- RIT Production Services. (s.f.). Youtube. *Recuperado el 05 de octubre de 2016, de Alex Kipman '01 - 2015 RIT Innovation Hall of Fame: <https://www.youtube.com/watch?v=nSTJ-2GR9pA>*
- Rivas, G. A. (1989). Auditoría Informática. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Rivera, E. (27 de junio de 2009). Conceptos de Interfacez. *Recuperado el 05 de octubre de 2016, de <http://eduardorivera22.blogspot.com/2009/06/conceptos-de-interfaz-lewis-y-rieman.html>*
- Rubio, J. J. (2015). VALORACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS MOVIMIENTOS DE LAS MANOS DE UN PACIENTE DE PARKINSON SEGÚN LA ESCALA UPDRS USANDO TÉCNICAS DE VISIÓN ARTIFICIAL CON KINECT. *Recuperado el 16 de Noviembre de 2016, de ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89495/D-84610.pdf>*
- Rybarczyk, Y., Deters, J. K., Gonzalvo, A., Gonzalez, M., Villarreal, S., & Esparza, D. ePHoRt Project: A Web-Based Platform for Home Motor Rehabilitation. Quito: Intelligent & Interactive Systems Lab.
- Saenz, Z. d., & Garcia, B. Z. (2016). *Kinect-Based Virtual Game for the Elderly that Detects Incorrect Body Postures in Real Time*. MDPI .
- Smith, T. (23 de Julio de 2013). Leap Motion Controller: Hands up for PC air gestures. That's the spirit. *Recuperado el 19 de Octubre de 2016, de The Register: http://www.theregister.co.uk/2013/07/23/review_leap_motion_controller/*
- Soares Ruppert, G., Oliveira Reis, L., Junqueira Amorim, P. H., Franco de Moraes, T., & Lopes da Silva, J. V. (2012). *Touchless gesture user interface for interactive image visualization in urological surgery*. World J Urol .

- SoftKinetic. (s.f.). SoftKinetic. Recuperado el 19 de Octubre de 2016, de <https://www.softkinetic.com/Store/ProductID/29>*
- Stone, E., & Skubic, M. (2015). Fall Detection in Homes of Older Adults Using. IEEE JOURNAL OF BIOMEDICAL AND HEALTH INFORMATICS .*
- Stowers, J., Hayes, M., & Bainbridge-Smith, A. (2011). Altitude Control of a Quadrotor Helicopter Using. International Conference on Mechatronics .*
- Suma, E., Lange, B., Rizzo, A., Krum, D., & Bolas, M. (2011). FFAST: The Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit. USC Institute for Creative Technologies .*
- TELEPROCESOS. (27 de junio de 2009). Recuperado el 05 de Octubre de 2016, de <http://eduardorivera22.blogspot.com/2009/06/conceptos-de-interfaz-lewis-y-rieman.html>*
- Thimmappa, C. (30 de julio de 2015). Microsoft lanza Windows 10 SDK para desarrolladores. Recuperado el 05 de octubre de 2016, de <http://news.thewindowsclub.com/windows-10-sdk-for-developers-79502/>*
- TICbeat. (09 de Octubre de 2015). Sony adquiere la startup de realidad aumentada y virtual Softkinetic. Recuperado el 11 de Octubre de 2016, de <http://www.ticbeat.com/tecnologias/sony-adquiere-la-startup-de-realidad-aumentada-virtual-softkinetic/>*
- Ullauri, R. I. (Octubre de 2014). SISTEMA DE SEGUIMIENTO INTELIGENTE PARA UN ROBOT MANIPULADOR. Recuperado el 16 de Noviembre de 2016, de UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5791/1/58769_1.pdf*
- Veintimilla Campoverde, M. A. (2015). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA EL ROBOT MÓVIL P3-AT POR MEDIO DE GESTOS MANUALES. Recuperado el 15 de Noviembre de 2016, de*

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/11101/T-ESPE-048926.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Velasco Erazo, N. d. (2013). DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO PARA DETECCIÓN DE OBJETOS CON TECNOLOGÍA KINECT. *Recuperado el 20 de Noviembre de 2016, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6155/1/T-ESPEL-ENI-0299.pdf>*

Villaseñor, C. (20 de junio de 2011). SDK de Kinect: historia de éxito accidental de Microsoft. *Recuperado el 21 de octubre de 2016, de <http://www.pcworld.com.mx/Articulos/13303.htm>*

Wang, C., Liu, Z., & Chan, S.-C. (2015). *Superpixel-Based Hand Gesture Recognition With Kinect Depth Camera*. IEEE TRANSACTIONS ON MULTIMEDIA .

Wener, J. L. (01 de Mayo de 2010). EQUIPAMIENTO TECNOLÓGICO-Seguridad y mantenimiento. *Recuperado el 24 de Febrero de 2013, de <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/es/component/content/article/805-monografico-seguridad-en-internet?start=2>*

Windows 10 SDK Preview Build 14267 Now Available For Download. (s.f.). *Recuperado el 05 de Octubre de 2016, de <https://mspoweruser.com/windows-10-sdk-preview-build-14267-now-available-for-download/>*

Xboxpassion. (s.f.). Xboxpassion. *Recuperado el 13 de Noviembre de 2016, de <http://www.xboxpassion.fr/images/xbox/kinect-sports/161506-kinect-sports.jpg>*

Youtube. (s.f.). *Recuperado el 05 de Octubre de 2016, de Alex Kipman '01 - 2015 RIT Innovation Hall of Fame: <https://www.youtube.com/watch?v=nSTJ-2GR9pA>*

Zurita Altamirano, D. A. (2013). 3.24 DESARROLLO DE UN JUEGO INTERACTIVO CON UNA CÁMARA MICROSOFT KINECT PARA EL RECONOCIMIENTO DEL JUGADOR Y LOS DIFERENTES CORTES DE ESPADA. *Recuperado el 29 de Noviembre de 2016, de http://repositorio.puce.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/22000/9921/Tesis_Zurita%20David.pdf?sequence=1&isAllowed=y*

