



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**“SISTEMA ELECTRÓNICO CON APLICACIÓN IOT DE MONITOREO DE  
MOVIMIENTO CORPORAL DE LAS EXTREMIDADES INFERIORES DE UN  
ESTUDIANTE UNIVERSITARIO QUE BRINDE ESTIMADORES DE POSICIÓN  
DENTRO DEL AULA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE A ESCALA DE  
LABORATORIO”**

**TRABAJO DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**AUTOR: IVÁN EDUARDO NAVARRETE INSUASTI**

**DIRECTOR: ING. JAIME MICHILENA**

**IBARRA-ECUADOR**

**2016**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DEL NORTE**

**IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

<b>DATOS DEL CONTACTO</b>	
Cédula de identidad	0401318431
Apellidos y Nombres	Navarrete Insuasti Iván Eduardo
Dirección	Pilanqui Pasaje E, Casa 305
E-mail	<a href="mailto:ienavarrete@utn.edu.ec">ienavarrete@utn.edu.ec</a>
Teléfono móvil	0984718597
<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
Título	SISTEMA ELECTRÓNICO CON APLICACIÓN IOT DE MONITOREO DE MOVIMIENTO CORPORAL DE LAS EXTREMIDADES INFERIORES DE UN ESTUDIANTE UNIVERSITARIO QUE BRINDE ESTIMADORES DE POSICIÓN DENTRO DEL AULA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE A ESCALA DE LABORATORIO
Autor	Navarrete Insuasti Iván Eduardo
Fecha	Octubre del 2016
Programa	Pregrado
Título	Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación
Director	Ing. Jaime Michilena

## **AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Iván Eduardo Navarrete Insuasti, con cedula de identidad Nro. 0401318431, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.

**CONSTANCIA**

Yo, IVÁN EDUARDO NAVARRETE INSUASTI declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se presentan en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de propiedad intelectual, reglamentos y normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.

En la ciudad de Ibarra, noviembre del 2016

EL AUTOR



Iván Eduardo Navarrete Insuasti

CI: 0401318431



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Iván Eduardo Navarrete Insuasti, con cedula de identidad Nro. 0401318431, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4,5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado con el tema: SISTEMA ELECTRÓNICO CON APLICACIÓN IOT DE MONITOREO DE MOVIMIENTO CORPORAL DE LAS EXTREMIDADES INFERIORES DE UN ESTUDIANTE UNIVERSITARIO QUE BRINDE ESTIMADORES DE POSICIÓN DENTRO DEL AULA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE A ESCALA DE LABORATORIO. Que ha sido desarrollado con propósito de obtener el título de Ingeniero en Electrónica Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Iván Eduardo Navarrete Insuasti', is written over a horizontal line.

Iván Eduardo Navarrete Insuasti

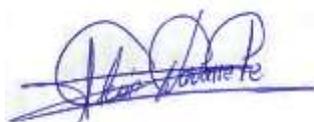
040131843-1

Ibarra, noviembre 2016

## DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y fue desarrollada sin violar los derechos de autor de terceros, por lo tanto, es original y declaro que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, noviembre del 2016



Iván Eduardo Navarrete Insuasti

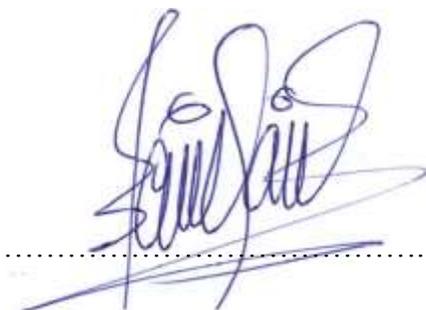
AUTOR

**CERTIFICACIÓN**

INGENIERO JAIME MICHILENA, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA

Que, el presente trabajo de Titulación “SISTEMA ELECTRÓNICO CON APLICACIÓN IOT DE MONITOREO DE MOVIMIENTO CORPORAL DE LAS EXTREMIDADES INFERIORES DE UN ESTUDIANTE UNIVERSITARIO QUE BRINDE ESTIMADORES DE POSICIÓN DENTRO DEL AULA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE A ESCALA DE LABORATORIO” Ha sido desarrollado por el señor Navarrete Insuasti Iván Eduardo bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor de la verdad.



Ing. Jaime Michilena

100219843-8  
DIRECTOR

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme dado la salud, vida, paciencia y constancia para superar los retos que se presentan a diario, y han servido para mejorar tanto personal como profesional. A mis padres y hermanas quienes siempre me demostraron su apoyo incondicional, han sido un pilar fundamental para la culminación de esta meta.

Agradezco a la Universidad técnica del Norte y a mis docentes por haberme brindado todos sus conocimientos y que han servido para mi formación académica y me servirán durante toda mi vida profesional.

Un agradecimiento especial Ing. Jaime Michilena y al Ing. Paul Rosero por compartir su conocimiento y brindar su apoyo para culminar el presente trabajo de grado, así mismo a todos los maestros con los que he tenido la oportunidad de ser receptor de sus enseñanzas y consejos.

Por último, pero no menos importante, a mis compañeros porque en esta armonía grupal, hemos logrado el objetivo de culminar nuestra primera meta profesional.

## **DEDICATORIA**

La ejecución de este proyecto está dedicada a mis padres Iván y Anita, que han estado a mi lado en cada paso importante en mi vida, cuidándome y brindándome fortaleza, enseñanza y sabiduría a lo largo de mi vida.

A mis hermanas Jhoana y Pamela, que me han brindado su confianza y apoyo siempre que lo necesité. También dedico a mis familiares y amigos que han sido parte de este proyecto, en especial a mi persona favorita, compañera inseparable de cada jornada de trabajo que con su apoyo y ayuda durante toda la carrera se convirtió en una pieza fundamental para finalizar esta aspiración.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	I
AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD .....	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	IV
CONSTANCIA .....	III
DECLARACIÓN .....	V
CERTIFICACIÓN.....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
DEDICATORIA.....	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XV
RESUMEN .....	XVI
ABSTRACT.....	XVIII
CAPÍTULO 1 .....	1
1.1. PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVOS .....	3
1.2.1. Objetivo General .....	3
1.2.2. Objetivos Específicos .....	3

1.3.	ALCANCE.....	4
1.4.	JUSTIFICACIÓN.....	5
CAPÍTULO 2.....		6
2.1.	Internet de las cosas (IoT).....	6
2.1.1.	IoT en la Actualidad .....	7
2.1.2.	Aplicaciones del IoT .....	8
2.1.3.	Dificultades de la IOT .....	10
2.1.4.	Principales Pilares del IoT.....	12
2.1.5.	Modelo de Referencia de la IoT.....	13
2.2.	Ergonomía.....	15
2.2.1.	Posturas corporales.....	16
2.2.2.	Implicaciones de una postura incorrecta .....	17
2.2.3.	Ergonomía posición sedente .....	18
2.2.4.	Posición de las extremidades inferiores en una postura en sedestación .....	19
2.2.5.	Métodos de evaluación ergonómica de una postura corporal.....	21
2.3.	Análisis Biomecánico .....	22
2.3.1.	Modelo Biomecánico .....	22
2.3.2.	Segmentación del Cuerpo Humano.....	23
2.3.3.	Técnicas de Análisis Biomecánico.....	23
2.3.3.1.	Sistemas de Grabación de Video .....	24
2.3.3.2.	Sistema Secuencial de Capturas .....	24
2.3.3.3.	Interfaz Natural (NUI) .....	24
2.4.	Procesador de Placa Reducida .....	25
2.4.1.	Raspberry Pi.....	25
2.4.2.	Arduino Uno .....	26
2.4.3.	PcDuino .....	27
2.4.4.	CubieBoard .....	28
2.4.5.	Ordenador Portátil.....	28
2.5.	Plataformas en la nube.....	29
2.6.	Software de desarrollo .....	30
2.7.	Sensores de Captura de movimiento del cuerpo humano .....	31
2.7.1.	Sensor Kinect.....	31

2.7.2.	Sensor WAVI Xtation Asus .....	37
2.7.3.	Cámara Raspberry.....	39
CAPÍTULO 3 .....		41
3.1.	Descripción General del Sistema .....	41
3.1.1.	Enfoque del Sistema.....	42
3.1.2.	Limitaciones.....	43
3.1.3.	Definiciones .....	43
3.2.	Modelo en V de desarrollo de Software .....	44
3.3.	Análisis .....	45
3.4.	Requerimientos del Sistema.....	52
3.4.1.	Requerimientos Funcionales .....	52
3.5.	Selección del Hardware y Software .....	54
3.5.1.	Tabla comparativa de componentes del sistema .....	54
3.5.2.	Elección de la Unidad de Procesamiento u ordenador .....	58
3.5.3.	Elección de Sensor de Movimiento.....	58
3.5.4.	Elección de Software de Desarrollo .....	59
3.6.	Diseño.....	60
3.6.1.	Diagrama de bloques .....	60
3.6.2.	Diagrama Esquemático.....	62
3.6.3.	Consumo Energético .....	65
3.6.4.	Etapas del Sistema.....	66
3.6.5.	Diagrama de Flujo .....	81
CAPÍTULO 4.....		87
4.1.	Pruebas de ubicación del sensor.....	88
4.1.1.	Captura Frontal .....	88
4.1.2.	Captura Lateral.....	91
4.1.3.	Captura Diagonal .....	93
4.2.	Análisis de Pruebas de ubicación .....	96
4.3.	Pruebas con alteración de iluminación .....	97
4.3.1.	Prueba con iluminación elevada .....	97
4.3.2.	Pruebas iluminación baja.....	98

4.3.3. Pruebas con iluminación en aula de clase estándar .....	99
4.3.4. Análisis de la prueba de alteración de iluminación.....	99
4.4. Resultados experimentales.....	100
4.4.1. Resultado de las pruebas denomina estudiante juega.....	102
4.4.2. Resultado de las pruebas denomina como estudiante lee .....	104
4.4.3. Resultado de las pruebas en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte...	105
4.4.4. Análisis de las Pruebas “Estudiante Lee”, “Estudiante Juega” y “Estudiante en la Biblioteca”.....	107
4.4.5. Resultado de pruebas en tiempo prolongado .....	109
4.4.6. Análisis de las Prueba Tiempo Prolongado .....	115
CONCLUSIONES.....	116
RECOMENDACIONES.....	117
BIBLIOGRAFÍA.....	119
ANEXOS .....	124
ANEXO 1: Manual Instalación de Kinect en el Ordenador con software libre Ubuntu .....	
ANEXO 2:Manual de Instalación de librerías OpenNI para uso de Kinect en Processing .....	
ANEXO 3: Código del Programa.....	
ANEXO 4: Fichas de Observación de Análisis .....	
ANEXO 5: Descripción del Juego usado en la prueba.....	
ANEXO 6: Cronograma de Pruebas.....	
ANEXO 7: Manual de Procedimiento para Realizar una Captura con Kinect .....	
ANEXO 8: Ficha Evaluación Mensual del Estudiante.....	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución del Internet de las cosas .....	8
Figura 2: Funciones de un objeto inteligente dentro del IO .....	9
Figura 3: Pilares Fundamentales del IoT .....	12
Figura 4: Conexión de los Pilares del IoT .....	12
Figura 5: Modelo referencia IoT .....	15
Figura 6: Posiciones en el plano de trabajo .....	19
Figura 7: Posición correcta de las extremidades inferiores .....	20
Figura 8 : Modelo Biomecánico.....	22
Figura 9: Tabla Comparativa Raspberry Pi .....	26
Figura 10: Comparativa Arduino .....	27
Figura 11: Placa PcDuino .....	27
Figura 12: Placa CubieBoard .....	28
Figura 13: Composición del Hardware Kinect .....	31
Figura 14: Esquema de comunicación del Kinect .....	34
Figura 15: Composición de un pixel y formación de una imagen .....	36
Figura 16: Composición de la imagen con sensor de profundidad .....	37
Figura 17: Asus Xtation Pro .....	38
Figura 18: Conexión cámara a Raspberry Pi .....	40
Figura 19: Modelo de Desarrollo .....	45
Figura 20: Referencia de Posturas dentro la Biblioteca .....	46
Figura 21: Flexión y extensión de la pierna.....	48
Figura 22: Diagrama de bloques .....	61
Figura 23: Diagrama de Circuito Fuente Adaptador Sensor Kinect .....	62
Figura 24: Formar Fuente Comercial del Adaptador Kinect .....	63
Figura 25: Diagrama Esquemático Kinect.....	64
Figura 26: Conexión Kinect adaptador y Pc .....	65
Figura 27: Diagrama de bloques general de la interfaz principal del sistema .....	70
Figura 28: Sensor de Profundidad a) y Prueba Cámara RGB b).....	71
Figura 29: Prueba Esquemática.....	73
Figura 30: Sistema de Referencia del Hueso .....	75
Figura 31: Ángulos Externos de la Rodilla.....	76
Figura 32: Diagrama cruce piernas .....	76
Figura 33: Composición de Vectores .....	77
Figura 34: Magnitud de cada vector.....	77
Figura 35: Normalización del Vector .....	78
Figura 36: Ángulo de Flexión de la pierna .....	78
Figura 37: Transformación de gradianes a grados .....	78
Figura 38: Vista de Pantalla.....	79
Figura 39: Muestra en Pantalla Ángulos y Magnitudes .....	79
Figura 40: Flujo General del Programa .....	81
Figura 41: Procesos de clase Void Setup.....	84
Figura 42: Proceso Void Drawn.....	85

Figura 43: Cálculo de Ángulos .....	86
Figura 44:Determinar Posturas .....	87
Figura 45: Diagrama de entorno de trabajo vista frontal.....	89
Figura 46: Vista Frontal FICA .....	90
Figura 47: Vista Frontal FICA sin obstáculo .....	90
Figura 48: Vista Frontal Biblioteca .....	91
Figura 49: Diagrama de entorno de trabajo vista lateral .....	91
Figura 50: Vista Lateral FICA .....	92
Figura 51: Vista lateral FICA sin Obstáculo.....	92
Figura 52: Vista lateral Biblioteca UTN.....	93
Figura 53: Diagrama de entorno de trabajo vista diagonal.....	93
Figura 54: Vista diagonal FICA .....	94
Figura 55: Vista Diagonal FICA sin obstáculos .....	95
Figura 56: Captura diagonal en Biblioteca de la UTN.....	95
Figura 57: Prueba con iluminación elevada.....	98
Figura 58: Prueba de captura de datos con iluminación baja .....	98
Figura 59: Prueba de captura de datos con iluminación estándar .....	99
Figura 60: Monitoreo de prueba denominada como .....	101
Figura 61: Monitoreo de la prueba denominada Estudiante lee.....	101
Figura 62: Porcentaje por postura tras el análisis de los resultados de la prueba .....	103
Figura 63: Porcentaje por postura tras el análisis de los resultados de la prueba .....	105
Figura 64: Pruebas en Biblioteca .....	106
Figura 65: Porcentaje por postura tras el análisis de los resultados de la prueba estudiante en biblioteca.....	107
Figura 66: Diagrama Visual de la Prueba.....	110
Figura 67: Usuario1-Prueba Estudiante Lee .....	111
Figura 68: Usuario2-Prueba Estudiante Lee .....	112
Figura 69: Usuario1-Prueba Estudiante Juega.....	113
Figura 70: Usuario2-Prueba Estudiante Juega.....	114

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Complicaciones por una postura Incorrecta .....	17
Tabla 2: Posición de las extremidades inferiores en una postura en sedestación .....	20
Tabla 3: Especificaciones Técnicas Kinect.....	33
Tabla 4: Características Técnicas Cámara Raspberry Pi .....	40
Tabla 5: Posturas encontradas en el análisis en la biblioteca de la Universidad .....	47
Tabla 6: Resultados Observación Inicio de Jornada .....	49
Tabla 7: Resultados Observación Media Jornada .....	50
Tabla 8: Resultados Observación Ficha 3.....	51
Tabla 9: Determinación de los requerimientos necesarios para el funcionamiento sistema .....	53
Tabla 10: Comparativa Procesador .....	55
Tabla 11: Comparativa Sensor de Movimiento .....	56
Tabla 12: Comparativa de Software de Desarrollo .....	57
Tabla 13: Comparación para la elección de Unidad de Procesamiento u ordenador .....	58
Tabla 14: Elección del Sensor de Movimiento .....	59
Tabla 15: Elección del Software de Desarrollo .....	59
Tabla 16: Consumo Mensual de Energía del Sistema .....	65
Tabla 17: Características Técnicas Raspberry Pi 2 Modelo B.....	67
Tabla 18: Características Técnicas computador Portátil HP Pavilion g4 Series.....	68
Tabla 19: Conexión del Sensor Kinect con Raspberry.....	69
Tabla 20: Extremidades definidas en la aplicación .....	74
Tabla 21: Simulación de Posiciones.....	80
Tabla 22: Datos Generados por el Sistema .....	80
Tabla 23: Resultados del Reconocimiento de Posturas tras el Análisis de selección de Posición del Sensor Kinect .....	96
Tabla 24: Resultados del Reconocimiento de Posturas tras alteración de iluminación .....	100
Tabla 25: Resumen de la recolección de datos de la prueba estudiante juega.....	103
Tabla 26: Resume de la recolección de datos tras la prueba denominada estudiante lee .....	104
Tabla 27: Resume de la recolección de datos tras la prueba denominada estudiante en la biblioteca.....	106
Tabla 28: permanencia en una posición durante más de la mitad del tiempo de la prueba.....	108
Tabla 29: Variables de la Prueba.....	109
Tabla 30: Resumen de resultado de la prueba denominada tiempo prolongado.....	110

## RESUMEN

El proyecto muestra la creación de un novedoso sistema para el monitoreo corporal de extremidades inferiores del estudiante, a través del análisis de los movimientos y cálculo de ángulos de flexión de sus piernas en base a software libre. Este sistema está basado en el uso del sensor Kinect de Microsoft, para cumplir con esta finalidad de capturar y esquematizar el cuerpo humano de tal manera que se logre captar los movimientos y virtualizarlos consiguiendo determinar 4 posturas generando un archivo de texto plano que contenga el registro de los datos previamente capturados, para luego ser procesados utilizando un software de análisis estadístico.

El sistema de monitoreo corporal será sometido a diversas pruebas tanto en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas como en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte para encontrar el escenario ideal y las condiciones en la que el Sistema funcione idóneamente logrando detectar todas las posturas. Finalmente se realiza un análisis monitoreando a grupo de estudiantes a los cuales fueron evaluados durante un determinado tiempo en dos circunstancias, la primera, en donde al estudiante se le proporcionó un dispositivo digital cuyo tamaño no interfiera con las capturas del sensor y a su vez incrementa su atención, y la segunda, donde se le facilitó un documento para que el estudiante lea con la finalidad de que muestre aptitudes diferentes que sean esquematizadas y genere datos.

El software muestra la esquematización de las extremidades inferiores del cuerpo humano y el seguimiento de su movimiento basadas en puntos denominados “Joins” los cuales interpretan

y emulan las rotaciones y flexiones que realizan las articulaciones. El resultado del trabajo final se lo puede catalogar como portable, no-invasivo, económico y de fácil implementación.

Se investigó de forma general el Internet de las Cosas, el modo en el que los objetos cotidianos se vuelven cada vez más inteligentes y logran conectarse a la internet de tal manera que estas se vuelven herramientas que impulsan el mejoramiento en el campo de la educación, ayudando de una u otro forma al desarrollo y desenvolvimiento del estudiante. Se analizarán los conceptos fundamentales del IoT, sus principales problemas y amenazas, así como la innovación que brinda esta tecnológica, la forma como se está difundiendo en el mundo y cuál es su futura expansión.

Como parte final de la investigación se concluye y recomienda luego de haber hecho varias pruebas de funcionamiento en diversas circunstancias de las cuales exponemos los resultados obtenidos de la recolección, análisis y procesamiento de la información tras el monitoreo del estudiante.

**ABSTRACT**

This research is on monitoring the positions of the human body in this case university students especially the study of lower limbs, how it is affecting in education because they need to spend long hours in the same place, with the same position in their tasks as writing, reading or studying a sedentary way, taking a wrong position of the body, affected physical, emotional or psychological health.

It was researched on Internet of Things, how everyday objects become increasingly intelligent and they join on the internet, so they have become tools to improve education, helping on the development of student performance. The fundamental concepts of IoT, its main threats, as well as innovation provided by this technology, how is spreading in the world and what is its future expansion.

This project shows the creation of a new system for monitoring body lower limbs of the student, analyzing the movements and angles calculation of bending their legs based on free software. This system is based on the use of Microsoft Kinect sensor, to accomplish this purpose of capturing and outline the human body to capture the movements and virtualize getting determine four postures, they were established under analysis, direct observation able to generate a file .txt, file containing the records of the data previously captured, then it will be processed using a statistical analysis system.



The software will show the schematization of the lower limbs and track their movement based on points called " Joins " which will interpret and emulate rotations and doing pushups joints. The result of the final work would be categorized as portable, non-invasive, inexpensive and easy to implement.

In the final part of our investigation we present the conclusions and recommendations, after making several tests runs on various circumstances of which we present the results obtained from the collection, analysis and processing of information after monitoring the student, and we plant recommendations for future studies or implementations of this technology.



## **CAPÍTULO 1**

### **ANTECEDENTES**

En este capítulo se dará a conocer que se quiere lograr con el proyecto sus objetivos y su finalidad, cuál es su problemática, además de los pasos a seguir para desarrollar una posible solución de proyecto.

#### **1.1. PROBLEMA**

La educación es el pilar fundamental de toda sociedad, en el Ecuador se impulsa el uso de nuevas tecnología de la información y comunicación (Tics), lo cual genera una gran mejora en el proceso de aprendizaje lo cual ha permitido que nuestro país alcance importantes avances en el Ranking Mundial de la Competitividad, logrando disminuir la brecha digital con la reducción de 9,2 puntos de analfabetismo digital. (ANDES, 2015) En 2010 era del 29.2% mientras que para 2013 esa cifra era del 20% gracias a que se invierte anualmente el 2 % del PIB. (Ecuador Universitario, 2014).

El aumento del uso de dispositivos móviles conectados a internet así como la posibilidad de intercambio de información permitirá revolucionar la forma en que el proceso educativo se lleva a cabo, permitiéndonos hacer uso de nuevas tecnologías, como lo es el llamado Internet de las cosas (IoT por sus siglas en ingles Internet....), que permite mejorar la interacción entre personas y objetos en cualquier momento y en cualquier lugar, y en este caso generando un óptimo desempeño entre el alumno, el docente y proceso educativo.

Dentro del ámbito educativo el estudiante de ingeniería tiene la necesidad de pasar largas horas en el mismo lugar debido a que realizan la mayor parte de sus actividades sentados escribiendo, leyendo o estudiando frente al computador dentro del salón de clases, lo que le lleva a tomar una postura incorrecta de su cuerpo, por lo que tienen mayor riesgo de verse afectados en su salud, ya sea física, emocional o psicológica. (Madrona, 2011).

La concentración es un requisito esencial para alcanzar óptimos resultados en los estudios, no se consigue únicamente con voluntad. Hay distintos factores que pueden favorecer o perjudicar esta disposición, como son: ambiente y temperatura, hora del día, tema que se está tratando en la clase o posición que adoptan la mayoría de estudiantes durante la misma, es por esto que se ve la necesidad de realizar un estudio el cual nos brinde información cuantitativa de un cierto comportamiento del alumno en diversas actividades.

El que una persona permanezca la mayoría de su tiempo sentada sin alterar su posición provoca que la sangre no circule de forma correcta por las piernas, esto, sumado a la poca actividad física diaria podría causar debilidad en los huesos e incluso osteoporosis, además, de padecimientos como tobillos hinchados y varices. (Bienestar Salud 180, 2013).

El presente proyecto aborda un análisis sobre las posturas o posiciones del cuerpo fijas o restringidas durante un determinado tiempo en posición sedente, las cuales sobrecargan los músculos y los tendones, implicando fundamentalmente a las piernas las cuales puede influir o afectar a la salud. (Grupo de Desarrollo Regional del Tecnológico de Monterrey, 2009).

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo General**

- Desarrollar un sistema electrónico con aplicación IOT del monitoreo de movimiento corporal de las extremidades inferiores de un estudiante universitario que brinde estimadores de posición dentro del aula durante 8 meses en la Universidad Técnica del Norte a escala de laboratorio.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Realizar una revisión sistemática de literatura para determinar las bases teórica comprendida en la revisión bibliográfica correspondiente al sistema.
- Determinar el hardware y software idóneo en relación a los requerimientos establecidos para el diseño y desarrollo del sistema bajo la metodología del modelo en V.
- Establecer en base al estudio realizado las posiciones más comunes que adopta un estudiante en clase en relación al movimiento de sus extremidades inferiores.
- Analizar los datos que se obtengan como resultado del monitoreo de movimiento corporal de un estudiante universitario para establecer estimadores de posición dentro del aula.
- Realizar las pruebas de funcionamiento tanto del sistema electrónico, y la de aplicación para depurar errores.

### 1.3. ALCANCE

En la presente investigación se dará a conocer las diferentes posturas corporales de las extremidades inferiores que adopta un estudiante al momento de realizar diferentes actividades y determinar cuál de estas se repite con mayor frecuencia.

Este estudio no garantizará que el estudiante incremente su rendimiento académico, corrija sus hábitos de estudio o posición para realizar esta actividad, la función de este sistema es monitorear al estudiante con la finalidad de estimar posiciones del cuerpo y sensorlos logrando generar datos estadísticos.

Realizar las pruebas de funcionamiento tanto del sistema electrónico, y de la aplicación para determinar la correcta puesta en marcha del mismo, para ello se utilizará un Software y Hardware que permitirá esquematizar el cuerpo humano con la finalidad de ver los movimientos que realiza.

El proyecto tiene la finalidad de presentar un sistema electrónico con aplicación IOT que permita monitorear el movimiento corporal de las extremidades inferiores de un estudiante universitario mientras realiza una actividad, para ello se emplearán un hardware que permita sensor el movimiento, logrando generar gráficas estadísticas que podrán mostrarse mediante un software las cuales ayudarán a identificar las posiciones que adopta un estudiante dependiendo de diferentes circunstancias.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN**

Es de gran importancia realizar la investigación de las diferentes posturas corporales que adopta un estudiante al momento de realizar una actividad, que a simple vista no tiene relevancia, pero profundizando en el tema se logrará ver que es de mayor trascendencia, ya que esto puede afectar en múltiples aspectos como en su salud, ya sea física, emocional y psicológica, así como, en su rendimiento académico.

Se pretende que la investigación tenga una utilidad para los docentes, estudiantes y autoridades que sea una guía de como evadir problemas de malas posturas corporales, reduciendo así algunas de las enfermedades producidas por estas causas, ya que, las posiciones que una persona puede adoptar al sentarse revelan las emociones, estado de ánimo, y actitudes de cada individuo.

Los beneficiarios de este estudio serán todas las personas que deseen conocer cómo se comporta un individuo al realizar diferentes actividades, la manera y el método correcto de monitorearlo sin la necesidad de tener contacto sobre ellos, logrando convertir los movimientos en datos digitales para ser procesados y analizados.

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTADO DEL ARTE**

En este capítulo se estudiará los conceptos básicos para el desarrollo del proyecto, características de lo que es IoT, su aplicación, problemas que afronta el internet de los objetos, posturas corporales y problemas ocasionados al permanecer sentados por varias horas con relación a las extremidades inferiores, se explicara brevemente los que es la biomecánica y la ergonomía, sistemas de evaluación ergonómica, además, de abordará temas como hardware y software libre.

#### **2.1. Internet de las cosas (IoT)**

La definición de la Internet of Things (IoT), también llamado internet de objetos puede variar desde la medición temperatura del ambiente, la computación ubicua, ciudades inteligentes, entre otros. En 2005, la Unión Internación de telecomunicación (UIT) publicó su primer informe sobre la IO (ITU, 2005) que hace mención al Internet de los objetos como “Una promesa de un mundo de dispositivos interconectados que proveen contenido relevante a los usuarios” de esta manera se da a conocer al mundo el nuevo término.

En julio de 2012, la UIT declaró un nuevo concepto de IOT (ITU, 2012) "Infraestructura global para la sociedad de la información, que permite que los servicios de interconexión (física y virtual), cosas u objetos existentes y en evolución, interrelación de tecnologías de la información y de la comunicación". El IoT se define como la interacción entre los seres humanos y los objetos a numerosos dominios de aplicación, tales como la fabricación, la logística, el sector de los servicios, la agricultura, el reciclaje, gestión ambiental, casas inteligentes y otros. Este añade una nueva forma de conectividad de los "objetos" a Internet. (CISCO, 2013).

Internet de las Objetos (IoT) ha evolucionado con la finalidad de unir a un gran número de elementos con diferentes capacidades de conexión y la computación a una gran y única red, siendo estos capaces de enviar información sobre la Internet, detectar el estado de un entorno, procesar los datos y enviar los resultados a la nube. Sin embargo, estas aplicaciones presentan grandes desafíos en el campo de la IO. Los sensores necesitan de otras plataformas para almacenar la información y poder transmitirla y los datos generados tienen que ser procesados en otro lugar. (Michele Nitti, 2015)

### **2.1.1. IoT en la Actualidad**

En 2003, existían como un número aproximado de 6300 millones de personas en el planeta y 500 millones de dispositivos conectados a Internet, dividiendo estos valores se puede ver que existían menos de un dispositivo (0,08 dispositivos) por persona. (Grupo de Soluciones Empresariales para Internet (IBSG) de Cisco, 2011)

Para el año 2010 el crecimiento explosivo de los smartphones y tablets elevó el número de dispositivos conectados a Internet a 12 500 millones, y la población mundial llegó a 6800 millones, lo que significa que el número de dispositivos por persona iba en aumento (1,84 dispositivos por cada), a medida que el tiempo y la tecnología avanzaba más elementos u objetos eran relacionados a cada persona y a su vez estos se conectarían a la Internet. (IBSG de Cisco, 2010).

El IBSG de Cisco calcula que en el 2015 hay conectados 25.000 millones de dispositivos conectados a Internet en con una predicción de 50.000 millones en 2020. Es importante recalcar que establecer una estimación es sumamente difícil ya que no se puede predecir qué tan rápidos se avanza o se produce la tecnología y los dispositivos conectados a Internet. (IBSG de Cisco, 2010)

En la Figura 1 se muestra la cantidad de dispositivos conectados con relación a la población mundial desde el año 2003 y una hacia el año 2020.

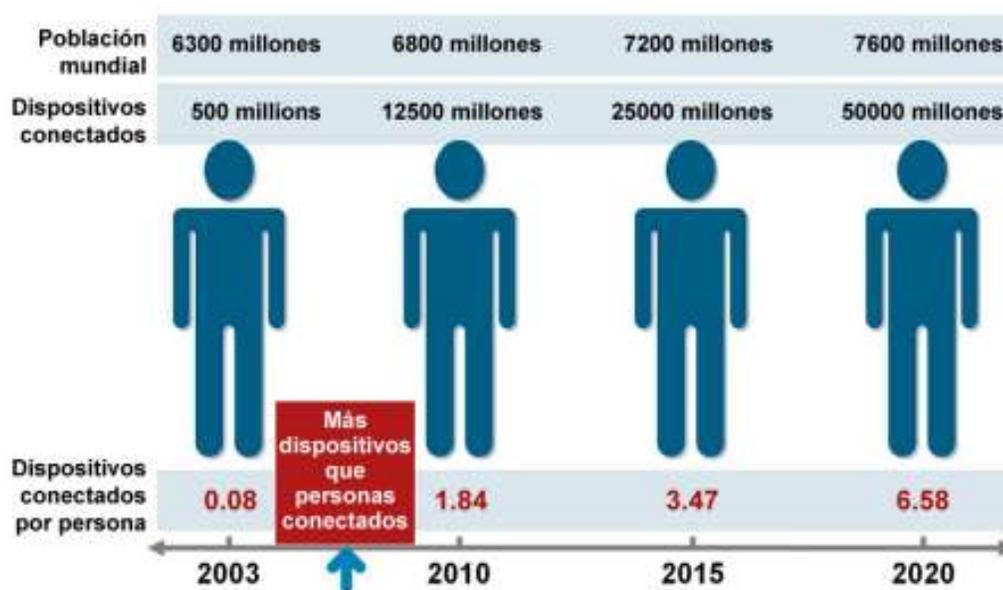


Figura 1: Evolución del Internet de las cosas

Fuente: (Evans, 2011, pág. 3)

### 2.1.2. Aplicaciones del IoT

Con la evolución y el avance de la tecnología la IoT y los objetos virtualizados van a estar en todos los lugares existen y que contengan una conexión a internet estos términos van a transformar a las ciudades y la vida de ser humano en sí, de tal manera que los teléfonos móviles abrirán las puertas, los sensores detectan hasta la más mínima avería y hasta la más diminuta fugas

en de gas o de agua, los anuncios publicitarios cambiaran y se convertirán en anuncios personalizado según la necesidades detectadas del consumidor. (Digital Business School, 2015)

Como se predice los dispositivos se expanden cada día dando lugar para que IO se extienda a todas las industrias y servicios, como son: el sector agrícola, el campo de medicina, el sector de la educación, permitiendo vincular todo tipo de máquinas o dispositivos para monitorear y controlarlas de manera inteligente, haciendo que estos objetos cumplan 4 funciones citadas en la Figura 2, todas estas han impulsado el avance y la evolución del IO logrando factores como hacer más eficiente una empresa, la reducción de gastos innecesarios, la mejora en la toma de decisiones, la incorporación de nuevas tecnología, la preservación medioambiental y en si facilitar la vida humana . (Accenture , 2011)



Figura 2: Funciones de un objeto inteligente dentro del IO

Fuente: (Accenture , 2011, pág. 25)

### 2.1.3. Dificultades de la IOT

- **La heterogeneidad:** Desarrollar protocolos para converger en un solo protocolo que permita el desarrollo de varias, Por ejemplo, ZigBee, Bluetooth pero cada solución tiene sus propias características esto dificulta la interoperabilidad dentro de IO. (Michele Nitti, 2015)
- **Escalabilidad:** El número de objetos conectados a un sistema IO es mayor que la de dispositivos de la Internet convencional. La propagación rápida de los objetos conectados va a contribuir a la implementación de un sistema de direcciones muy elevado implementación IPv6. (Michele Nitti, 2015)
- **Identificación:** Para que los dispositivos puedan comunicarse, los objetos de deben tener un identificador único, para esto el direccionamiento IPV4 no es suficiente para lo cual debe evolucionar a direcciones IPV6. Sin embargo, o todos los servicios podrán tener IPV6 ocasionando inconsistencia y problemas de comunicación se desarrollaron nuevas herramientas que permiten identificar un nodo una de ellas es la comunicación inalámbrica de bajo consumo 6LoWPAN, otras soluciones que se han desarrollado para funcionar en entornos con recursos limitados, típicos de un IO son Queue Telemetry Transport (MQTT) y los protocolos (COAP). Sin embargo, esto no fue suficiente y una solución alternativa podría ser el uso de un alto middleware (es un software que asiste a una aplicación para interactuar o comunicarse con otras ). (K. Aberer, 2007)
- **Plug and Play:** Tan pronto como un dispositivo se une a una red, que se ha registrado a la misma, sus servicios y recursos están disponibles. En sistemas de IO, el desafío es

hacer este proceso automático y dinámico permita al objeto interactuar inmediatamente con otros objetos sin la necesidad de intervención humana (Michele Nitti, 2015).

- **Búsqueda y descubrimiento:** Para un Sistema IO debe existir un descubrimiento dinámico de los servicios prestados por todos los objetos pertenecientes a la red. Cuando un dispositivo se une a la IO, toda la información de este se sabe en toda la red incluso la ubicación exacta y el formato de los datos intercambiados. (D. Guinard V. T., 2010)
- **La limitación de recursos:** Es necesaria la gestión de recursos para mejorar su uso (energía y almacenamiento) (D. Guinard V. T., 2010).
- **Gestión de la calidad:** Calidad de Servicio (QoS), es decir, el conjunto de requisitos de servicio de comunicaciones de extremo a extremo (retardo, jitter, ancho de banda disponible y la pérdida de paquetes) (D. Guinard V. T., 2010)
- **Movilidad:** IO deberá proporcionar una conectividad sin fisuras, independientemente de donde los objetos se colocan o se traslade, además de tener en cuenta la inconsistencia de datos por ser un objeto móvil. (I. F. Akyildiz, 2007)
  - Intra-dominio, es decir, se mueve entre células o dentro de un mismo sistema
  - Entre dominios, es decir, se mueve entre diferentes columnas vertebrales es decir diferentes sistemas o redes IO
- **La seguridad y privacidad:** Seguridad y privacidad son críticos temas para la IO, la seguridad y la privacidad se pueden clasificar en: resistencia contra los ataques, los datos autenticación, control de acceso y la privacidad del cliente. En la IO, aunque cada nodo podría ser perfectamente seguro por sí mismo, las interacciones con otros nodos pueden poner en peligro su seguridad. (B. Fabian and O. Gunther, 2007)

### 2.1.4. Principales Pilares del IoT

El internet de las cosas incorpora cuatro pilares para lograr que las conexiones en red tengan más importancia y valor que nunca: personas, procesos, datos y objetos como se su relación en la Figura 3. La información de estas conexiones da lugar a decisiones y acciones que crean nuevas capacidades y experiencias (Cisco, 2015).



Figura 3: Pilares Fundamentales del IoT  
Fuente: (Cisco, 2015, pág. 5)

Los pilares interactúan de forma tal que establecen tres conexiones principales en el entorno de IoT: personas que se comunican con personas (P2P), máquinas que se comunican con personas (M2P) y máquinas que se comunican con máquinas (M2M) como se muestra en la Figura 4.



Figura 4: Conexión de los Pilares del IoT  
Fuente: (Cisco, 2015)

### 2.1.5. Modelo de Referencia de la IoT

Con la aparición del Internet de Objetos en los últimos años se ha intentado esquematizar una arquitectura para lo cual se ha lanzado diversos modelos, pero ninguno de ellos hasta el momento es totalmente estandarizado. La arquitectura IoT hace uso de la representación de un modelamiento en capas y se divide básicamente en 3 con funciones independiente. (Department of Electrical and Electronic Engineering - University of Cagliari, 2015).

#### 2.1.5.1. *Capa Física*

Es considerada como la primera capa, es el lugar donde se encuentra el objeto real, en otras palabras, es donde los componentes sensoriales hacen su trabajo, piezas de generación de información o creación de variables como temperatura, movimiento, peso, presión, o datos particulares en función de la implementación de IoT que sea de necesidad del cliente o usuario (Plauska1, 2014).

#### 2.1.5.2. *Capa de Virtualización*

La capa de virtualización permite que las cosas del mundo real y su información relacionada, se convierten en un software o algo intangible que están a disposición en todo momento y en cualquier lugar para capas superiores. Esta capa se compone de dos elementos que se citaran a continuación:

1. **Sección de Virtualización:** Es la encargada de designar todas las características necesarias para que cada objeto real puede ser convertido en un objeto virtual y se puede asociar con los demás elementos de su entorno por lo cual existen algunos elementos:

- **Addressing And Naming:** Asignación de una identificación única para el cada elemento sea en forma de IP o dominio único tan pronto como el elemento se conecte a la red (Borgia, 2014)
- **Search And Discovery:** Permite que cada dispositivo que se une a la red IO comparta toda la información con todos los miembros conectados. (D. Guinard V. T., 2010)
- **Accounting and Authentication:** Describen los usuarios cuyo acceso está autorizado, así como su propietario, asegurado mediante el uso de claves de cifrado (iCore, 2012).
- **Mobility management:** Permite que un objeto físico se mueva de un lugar a otro, de tal manera que su contraparte virtual le permita seguir conectado a la red IoT, de tal manera que le permitan mantener un buen enlace de comunicación con el objeto real siempre que sea posible. (iCore, 2012)

**2. Objeto Virtual (VO):** Representación virtual de cualquier objeto del mundo real ya sea ser vivo o inerte (iCore, 2012).

### ***2.1.5.3. Capa de Aplicación***

Es la capa final donde la información recolectada en la capa física y procesada en la capa de virtualización es presentada al usuario de una u otra forma presentando y servicio final con el usuario o con otra función de un objeto diferente (Carrera, 2014, pág. 2). En la Figura 5 se muestra una esquematización del modelado final de la arquitectura del IoT.

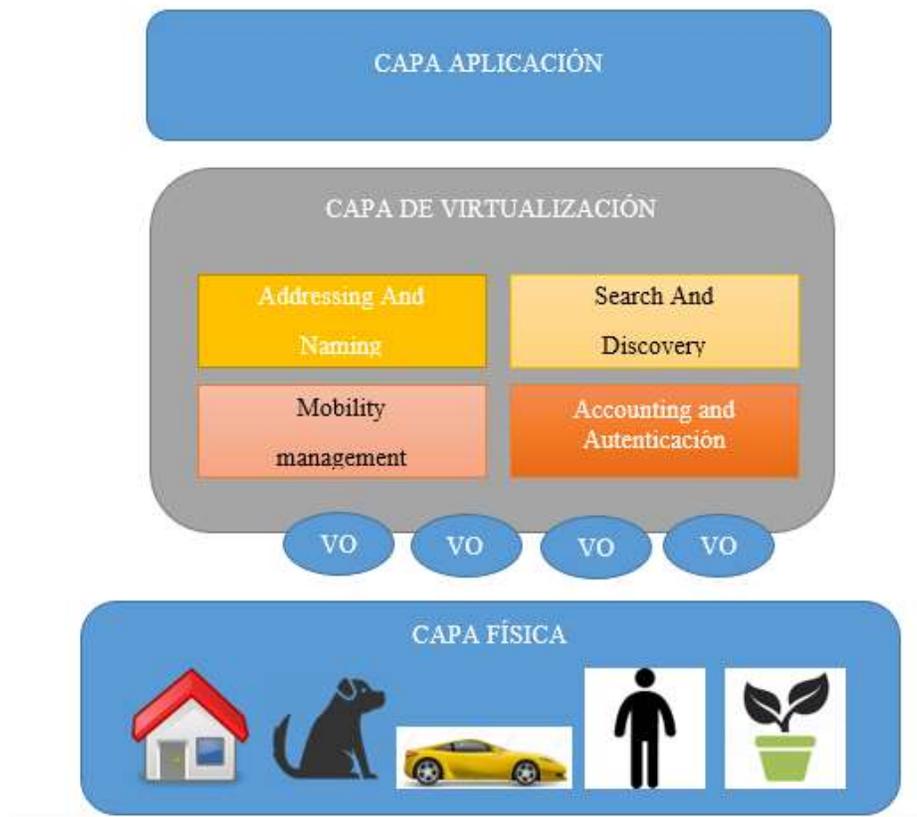


Figura 5: Modelo referencia IoT  
Fuente: (Michele Nitti, 2015)

## 2.2. Ergonomía

(Murrell, 1965, pág. 1) define a la ergonomía como: **"El estudio científico de las relaciones del hombre y su medio de trabajo"**.

(La Asociación Internacional de Ergonomía, 2000, pág. 3) IEA, definió a la ergonomía como: **"Disciplina científica concerniente con el estudio de las interacciones entre los humanos y otros elementos de un sistema, en orden de optimizar el bienestar humano y el desempeño general del mismo"**.

La ergonomía es de suma importancia para que exista una buena relación entre el ser humano y las herramientas u objetos de trabajo, se desarrolla principalmente para contrarrestar los problemas de diseño y operación que se presenta en su entorno, los cuales siempre han estado relacionados con el avance de la tecnología, el objetivo que se persigue es asegurar que los trabajadores no estén en peligro de sufrir y puedan trabajar con comodidad, logrando mayor productividad de los mismos.

### **2.2.1. Posturas corporales**

El ser humano dentro de su jornada laboral y vida cotidiana adopta posturas corporales que a la larga pueden afectar su salud para ello existen recomendaciones para evitar o reducir estos problemas. (Cooperativas Medicas de Galicia, 2010)

- Angulo formado entre los Muslos y piernas verticales es de 90°.
- Entre el ángulo que forma la rodilla y el borde de la silla debe haber, más o menos, una cuarta es decir entre 10 cm y 20 cm.
- Plantas de los pies apoyadas, sea en la silla o usando un reposa pies
- Bazos y ante brazo forman un ángulo de 90° en el codo.
- Antebrazo y mano en línea recta, paralelos al suelo.
- Las muñecas en posición natural y relajada sin estiramiento o tensiones extras.
- Manos relajadas, sin extensión ni desviación lateral.
- Columna vertebral recta. Sin torsión del tronco. La zona lumbar debe quedar cómodamente y apoyada.

### 2.2.2. Implicaciones de una postura incorrecta

En la Tabla 1 da a conocer algunas de las posibles implicaciones por permanecer en una posición incorrecta durante un tiempo prolongado de trabajo.

Tabla 1: Complicaciones por una postura Incorrecta

<b>Causas</b>	<b>Complicaciones</b>
<b>Giro constate de la cabeza por posición incorrecta del monitor, pantalla o pizarra mirar posible giro del tronco.</b>	Dolor de cuello Contractura muscular
<b>Inclinación y giro de cabeza, posible giro e inclinación lateral del tronco por documentos como cuadernos, hojas o mesa demasiado alta.</b>	Dolores musculares parte superior del cuerpo
<b>Extensión del brazo, posible inclinación del tronco, flexión de la muñeca por objetos muy cercanos como cuadernos, teclado o mouse manipulados constantemente</b>	Dolores de muñeca y brazos Aparición de enfermedades como túnel carpiano
<b>Movimientos abruptos de las extremidades superiores</b>	Distención muscular de extremidades superiores e inferiores
<b>Piernas encogidas (compresión de la cara posterior del muslo), mal apoyo de los pies en el suelo, espalda encorvada, dificultad de movimientos para las piernas por mesa demasiado pequeña o poco espacio debajo de ella</b>	Dolores de espalda Dolores musculares
<b>Posible mal apoyo de la espalda, estatismo en los músculos para vertebrales, estatismo en los músculos de las extremidades inferiores causada por silla pequeña y poco confortable</b>	Contractura muscular de extremidades inferiores Dolores intensos de espalda Dolor interno de extremidades inferiores

Fuente: (Cooperativas Medicas de Galicia, 2010, pág. 21)

### 2.2.3. Ergonomía posición sedente

La postura sentada es la posición de trabajo más placentera, porque reduce la fatiga corporal, disminuye el gasto de energía y la tensión en la parte inferior de la espalda como en las piernas. Sin embargo, esta postura puede producir una sobrecarga de la zona lumbar, molestias cervicales, abdominales o compresión venosa y nerviosa en las extremidades inferiores (Aparicio, 2014).

La postura en sedestación se caracteriza por la flexión de cadera a 90°, produciendo obligatoriamente una fuerza sobre la parte inferior de la espalda para ello se recomienda que tanto el asiento como el plano de trabajo deben reunir unos requisitos de carácter ergonómico para que el trabajador adopte una postura confortable durante períodos de tiempo más o menos prolongados.

Los principales elementos en el entorno de trabajo son los siguientes (Instituto Nacional de Higiene y Seguridad de Trabajo, 2013):

- **La silla:** los factores a considerar para que una silla se considere ergonómicamente confortable son los siguientes
  - Altura del asiento: esto depende del individuo que la use por lo tanto debe ser regulable, para permitir que, con los pies planos sobre una superficie, y forme un ángulo 90° con muslo en posición horizontal y 110° con el resto del cuerpo.
  - Asiento: debe tener una almohadilla para que la presión del cuerpo contra la silla no afecte al individuo, debe tener aproximadamente 20 cm de espesor.
  - Tipo de revestimiento: se aconseja un material anti transpirante para evitar que la humedad y el calor se acumule en el asiento.
- **La mesa:** Debe alineada a la altura de los codos para establecer una posición erguida y con los hombros relajados.

- **Reposapiés.** Se recomienda que exista como base a unos 30 cm del suelo para que sea un apoyo de los pies.
- **Posición de trabajo:** Debe mantener el tronco erguido frente al plano de trabajo, manteniendo un ángulo de codos y rodillas alrededor de los 90°. La cabeza y el cuello deben estar lo más rectos posible, las extremidades inferiores deben estar apoyadas para evitar calambre o contracturas musculares, en la Figura 6 se muestra una comparación de los diferentes planos de trabajo en posición sedente.



Figura 6: Posiciones en el plano de trabajo  
Fuente: (Miñarro, 2010, pág. 4)

#### 2.2.4. Posición de las extremidades inferiores en una postura en sedestación

Las extremidades inferiores cumplen una gran función de soporte del cuerpo humano, es verdad que en posición sedente esta carga y la fatiga se reducen, sin embargo, cumple una función de equilibrio y estabilidad para el resto de extremidades por lo tanto existen algunas consideraciones al momento de permanecer en esta posición durante largos periodos de tiempo (Instituto Nacional de higiene y seguridad de trabajo, 2002).

El estar en una sola posición en el trabajo por muchas horas o realizar movimientos repetitivos durante todo el día nos pueden ocasionar lesiones que llegaran a afectar en el ámbito laboral y personal, ya que generaría dolor y molestias por muchas horas en la Tabla 2 se muestra las

consideraciones para una buena postura y cuáles serían las consecuencias de mantenerse en una posición de forma incorrecta. (Arnesto, 2016)

Tabla 2: Posición de las extremidades inferiores en una postura en sedestación

<b>Consideraciones de una buena posición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El ángulo que las rodillas deben tener con relación a la silla es de 80° a 120°</li> <li>• Los pies deben reposar sobre una superficie a una altura aproximada de 15 cm a 30 cm del suelo</li> <li>• Los muslos y pantorrillas no deben estar en constante fricción, esta se debe reducir apóyense sobre una superficie blanda.</li> <li>• La apertura de las piernas debe tener un ángulo entre ellas de aproximadamente 30°</li> <li>• Si la jornada de trabajo es demasiado larga de existir pausas de 5 a 10 minutos</li> </ul>
<b>Irregularidades en una posición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piernas cruzadas</li> <li>• Tobillos hacia atrás</li> <li>• Inclinación de la cadera hacia el filo del asiento</li> <li>• Rodillas con ángulo mayor o menor a 90°</li> <li>• Muslos y pantorrillas tensionadas</li> <li>• Pies sin reposar sobre una superficie</li> <li>• Altura de la cadera excesiva</li> <li>• Piernas demasiado abiertas</li> </ul>
<b>Complicaciones por una posición errónea</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dolor de articulación específicamente tobillos, rodillas</li> <li>• Dolor de cadera</li> <li>• Contracción muscular a la altura de muslos y pantorrillas</li> <li>• Calambres</li> <li>• Varices por mala circulación de la sangre</li> <li>• Enfermedades cardiovasculares</li> <li>• Obesidad</li> </ul>

Fuente: (Arnesto, 2016)

En la Figura 7 muestra la forma de mantener nuestro cuerpo para acatar con las consideraciones antes citadas y lograr una posición acertada de nuestras extremidades inferiores

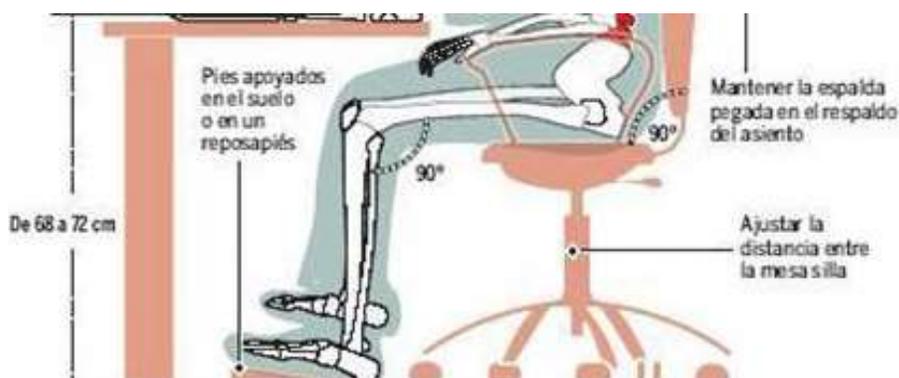


Figura 7: Posición correcta de las extremidades inferiores

Fuente: (González, 2009, pág. 3)

### 2.2.5. Métodos de evaluación ergonómica de una postura corporal

Los Riesgos Ergonómicos de Postura son todas las formas en las que el individuo se sienta incomodo al momento de realizar su actividad este puede desarrollarse en un cierto periodo de tiempo o por movimiento repetitivos obligados por una mala distribución del material de trabajo dentro de un entorno laboral provocando en el sistema óseo y muscular fatiga, dolor y lesiones.

En ergonomía se emplean métodos para llevar a cabo el análisis de los riesgos que pueden desarrollarse en puestos de trabajo o aquellas actividades que se realizan en el ámbito laboral o académico. Al evaluar los diferentes peligros que se presentan en los trabajos se puede establecer medidas que minimizar o erradicar dichas acciones erróneas (Muñoz , 2016). Entre los métodos de análisis ergonómico tenemos los siguientes

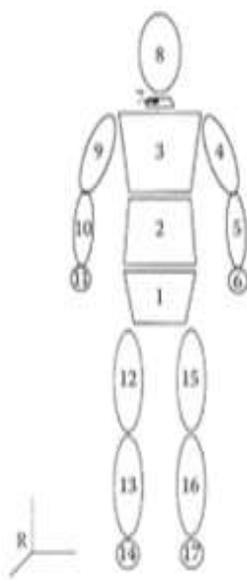
- **RULA (Rapid Upper Limb Assessment):** El método RULA fue diseñado para detectar los trabajadores que están expuestos a cargas musculo esqueléticas importantes y que pueden ocasionar trastornos en las extremidades Superiores, consiste en determinar cómo registrar las posturas de trabajo con un el sistema de puntuación en el cual establece una escala de niveles de intervención (Herrerros Penilla, 2015).
- **OWAS (Ovako Working Analysis System):** el método permite evaluar la carga estática a la cual puede estar expuesto un trabajador en una tarea. Se realiza un análisis donde se clasifican las 84 posturas de trabajo del sistema OWAS cubriendo las posturas de trabajo más comunes y fácilmente identificables para la espalda, los brazos y las piernas. Owas estableció 4 categorías de riesgo desde el mayor grado hasta el menor, las posturas y clasificación del método OWAS se pueden verificar en (Mondelo, 2001).

## 2.3. Análisis Biomecánico

La biomecánica es la aplicación de métodos y técnicas de la ciencia mecánica que estudia el funcionamiento de los movimientos de los seres vivos además del análisis y comprensión de los sistemas biológicos y busca la explicación física de los fenómenos relacionados al movimiento entre los huesos y el rango de cada articulación en tres planos del cuerpo (Pons, 2008).

### 2.3.1. Modelo Biomecánico

El cuerpo humano puede ser modelado permitiéndolo dividirse en un conjunto de segmentos rígidos que pueden ser representados de diversas formas como se muestra Figura 8, los cuales varían dependiendo de la intención del análisis. Esta representación se basa en puntos que se grafica remplazando las extremidades y las articulaciones del cuerpo.



N°	SEGMENTOS	
R	Sistema de referencia inercial	9 Parte superior del brazo derecho
1	Pelvis (parte inferior del cuerpo)	10 Antebrazo derecho
2	Cintura (parte medio del cuerpo)	11 Mano derecha
3	Tórax (parte superior del cuerpo)	12 Muslo derecho
4	Parte superior del brazo izquierdo	13 Pierna derecha
5	Antebrazo izquierdo	14 Pie derecho
6	Mano izquierda	15 Muslo izquierdo
7	Cuello	16 Pierna izquierdo
8	Cabeza	17 Pie izquierdo

Figura 8 : Modelo Biomecánico  
Fuente: (Huston, 2008, pág. 8)

### 2.3.2. Segmentación del Cuerpo Humano

La segmentación del cuerpo es una manera importante de entender el análisis del movimiento, para ello es necesario dividir el cuerpo y estudiarlos como conjunto de segmentos unidos entre sí, conjuntamente con la ayuda del modelado biomecánico. Los segmentos que participan en la movilidad se agrupan en cuatro segmentos que son los siguientes (F. Miller and E. Browne, 2005):

- **Cintura:** Eje motriz del movimiento y concordancia entre la parte superior del cuerpo y la inferior se encarga de transmitir la fuerza que se ejerce sobre ella y la adaptación de la pelvis, controlando el balanceo y el equilibrio de la persona
- **Cadera y muslo:** Proporcionan a las extremidades inferiores la posibilidad de desplazamiento y fuerza en las tres direcciones del espacio.
- **La rodilla y pierna:** Aseguran la solidez del movimiento en la locomoción<sup>1</sup> vertical, ayudando a proporcionar la articulación al caminar
- **Las diferentes partes del pie:** Tienen como función la adaptación al suelo en las diferentes formas de locomoción y servir como soporte al cuerpo en las diferentes posturas.

### 2.3.3. Técnicas de Análisis Biomecánico

Para poder analizar los movimientos y postura que adopta una persona por un determinado tiempo se ha desarrollado varias técnicas. Estas técnicas usan: datos gráficos y numéricos para poder analizarse y representarse y poder aplicarse en la recuperación de patologías y problemas como pueden ser la educación, la neurología, rehabilitación, etc. (Huston, 2008).

---

<sup>1</sup> Locomoción: es el movimiento que permite que el sujeto (ya sea una persona o una máquina) desplazarse.

### **2.3.3.1. Sistemas de Grabación de Video**

Las cámaras de video ofrecen una gran ventaja para el análisis de movimiento ya que estas pueden registrarlo para que lo luego sea analizado, el video ha sido utilizada en diversas ocasiones para este tipo de actividades ya que permite apreciar el movimiento totalmente natural en el momento en que se está ejerciendo la persona logrando comodidad y rapidez para el análisis. El número de cámaras puede variar ya que se podría estudiar diversos ángulos de visión (Guaraca, 2013).

### **2.3.3.2. Sistema Secuencial de Capturas**

Este método consiste en la realización de fotografías o gráficos del sujeto a cada movimiento que este realice ya sea caminando o realizando una actividad. Una vez que las fotos son procesadas, se identifican los puntos de referencia y las medidas de las coordenadas bidimensionales para luego digitalizar la imagen (Huston, 2008).

### **2.3.3.3. Interfaz Natural (NUI)**

Esta técnica permite al usuario ser procesado directamente por un computador por medio de un sensor el cual fijan marcadores que sirve como referencia de sus extremidades construyendo así cada segmento del modelo biomecánico para identificar sus posiciones y orientaciones. Los sistemas diferencian cada punto y los tratan dentro de los tres planos espaciales brindando una apreciación total del individuo (Santana, 2014).

## **2.4. Procesador de Placa Reducida**

Un procesador de placa reducida es una computadora de completa en un sólo circuito. Compuesta por un microprocesador, la RAM, interfaces de entrada y salida todas las características de un computador funcional en una sola tarjeta que suele ser de tamaño pequeño, y que tiene todo lo que necesita un usuario.

Esta pieza permite realizar una enorme cantidad de tareas, como ejecutar programas ya abrir aplicaciones, a una velocidad del procesamiento superior a un 1GHz lo que permite que las labores de procesamiento de datos y video se realicen con éxito.

### **2.4.1. Raspberry Pi**

La Fundación Raspberry Pi se ha formado como una organización benéfica que inicio en el año 2009 para promover el estudio de la informática y la electrónica en las escuelas, es la creadora de único ordenador considerado portable el Raspberry Pi, esta placa de tamaño reducido y de bajo costo contiene todas las herramientas fundamentales para actuar como un ordenador como son: procesador, memoria e interfaces de entrada y salida de información (audio y video), además, de una interfaz de comunicación ethernet para facilitar la conexión a la internet (raspberrypi, 2016). La resume las diferentes versiones de Raspberry Pi y sus especificaciones técnicas de cada uno de los modelos existentes en el mercado.



	Model A	Model A+	Model B	Model B+	2 Model B	Zero	3 Model B
SoC	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2836	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2837
CPU	700MHz ARM1176JZF-S	700MHz ARM1176JZF-S	700MHz ARM1176JZF-S	700MHz ARM1176JZF-S	900MHz Quad-core ARM Cortex-A7	1GHz ARM1176JZF-S	1.2GHz QUAD ARM Cortex-A53
GPU	VideoCore IV	VideoCore IV	VideoCore IV				
RAM	256Mb	256Mb	512Mb	512Mb	1Gb	512Mb	1Gb
USB	1	1	2	4	4	1 Micro	4
Vídeo	RCA, HDMI	Jack, HDMI	RCA, HDMI	Jack, HDMI	Jack, HDMI	Mini HDMI	Jack, HDMI
Audio	Jack, HDMI	Mini HDMI	Jack, HDMI				
Boot	SD	MicroSD	SD	MicroSD	MicroSD	MicroSD	MicroSD
Red	-	-	Ethernet 10/100	Ethernet 10/100	Ethernet 10/100	-	Ethernet 10/100, WiFi, BT
Consumo	300mA / 1.5w / 5v	400mA / 2w / 5v	700mA / 3.5w / 5v	500mA / 2.5w / 5v	800mA / 4w / 5v	160mA / 0.8w / 5v	2.5A / 12.5w / 5v
Alimentación	MicroUSB / GPIO	MicroUSB / GPIO	MicroUSB / GPIO				
Tamaño	85,6 x 53,98 mm	65 x 56 mm	85,6 x 53,98 mm	85 x 56 mm	85 x 56 mm	65 x 30 mm	85 x 56 mm
Precio	25\$	20\$	35\$	35\$	35\$	5\$	35\$

Figura 9:Tabla Comparativa Raspberry Pi

Fuente: (PE, 2014)

### 2.4.2. Arduino Uno

Es una plataforma electrónica basada en el principio del hardware libre, no propietario, que permite su programación para el fin deseado sin ningún recargo por pago de licencia. Realiza, entre otras, las funciones de comunicar e interactuar con dispositivos y/o sistemas electrónicos (sensores, actuadores, sistemas de comunicación, etc) (Arduino Foundations, 2016), en la Figura 10 se realiza una comparativa entre los principales arduinos existentes en el mercado.

Característica de Arduino	UNO	Mega 2560	Leonardo
Tipo de microcontrolador	Atmega 328	Atmega 2560	Atmega 32U4
Velocidad de reloj	16 MHz	16 MHz	16 MHz
Pines digitales de E/S	14	54	20
Entradas analógicas	6	16	12
Salidas analógicas	0	0	0
Memoria de programa (Flash)	32 Kb	256 Kb	32 Kb
Memoria de datos (SRAM)	2 Kb	8 Kb	2.5 Kb
Memoria auxiliar (EEPROM)	1 Kb	4 Kb	1 Kb

Figura 10:Comparativa Arduino  
Fuente: (Fernández, 2013)

### 2.4.3. PcDuino

Es una placa que mezcla lo mejor de Arduino y lo mejor de Raspberry Pi en una sola placa. Una mezcla de placa de desarrollo y una placa de un mini computador. Su precio se aproxima a los 80 dólares con un hardware bastante potente. La CPU tiene una capacidad de procesamiento de 1Ghz, 1GB de RAM, 4GB de memoria con capacidad de aplicación mediante una microSD. Contiene GPIO, ADC, I2C, UART, PWM, HDMI, USB, Ethernet, WiFi, IR, SATA, MIPI para cámaras y conexión para una batería de Li-Poly (PE, 2014), la figura 8 muestra la forma que tiene la placa de PcDuino y ubicación de cada uno de sus elementos.

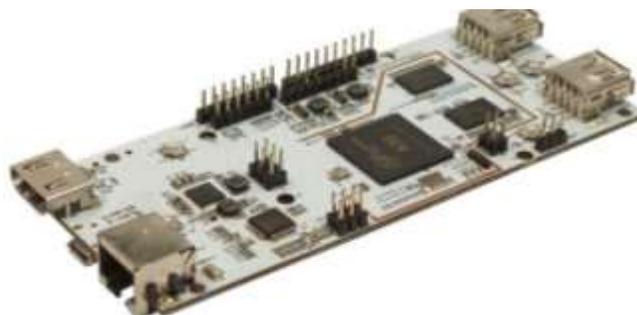


Figura 11:Placa PcDuino  
Fuente: (PE, 2014)

#### 2.4.4. CubieBoard

Es una placa que compite con Raspberry por sus características semejantes. Creada en el año 2012 para sistemas operativos Android 4 ICS y Ubuntu, así como otras distros como Fedora, XBMC, Arch Linux, Debian, etc. Usa un CPU ARM a 1Ghz, acelerador de video CedarX, 1GB de DDR3 de RAM, y 4GB de almacenamiento, contiene puertos Ethernet, USB, I2C, SPI y LVDS en la Figura 12 se muestra la placa CubieBoard.



Figura 12: Placa CubieBoard  
Fuente: (PE, 2014)

#### 2.4.5. Ordenador Portátil

Una computadora portátil es de uso personal móvil y transportable, es pequeño y liviano, con gran capacidad para realizar tareas de procesamiento de información a gran velocidad, su CPU puede variar entre velocidades de 1 GHz a 4GHz dependiendo de su procesador, puede soportar capacidad de almacenamiento sobre los Terabytes, y sus memorias RAM puede sobrepasar los 16 Gb, es de uso común en los hogares para la ejecución de programas y aplicaciones puede soportar gran gama de sistemas operativos.

## 2.5. Plataformas en la nube

El termino plataforma en la nube hace referencia al almacenamiento de información en internet dentro de un servicio virtual o también definido como “guardar archivos en un ordenador remoto para poder acceder a él en cualquier momento, desde cualquier otro dispositivo, en cualquier lugar, entre las plataformas comunes tenemos:

- **Dropbox:** El sistema más utilizado y conocido. Se puede acceder a través de su página web o instalando su aplicación para que la sincronización de los archivos con el computador de forma automática. Ofrece diferentes tipos de cuentas con un almacenamiento de gratuito de hasta 16Gb a cuentas de paga 50Tb con asistencia directa de la empresa.
- **OneDrive:** Se Vincula con una cuenta Microsoft, como puede ser Hotmail, ofrece almacenamiento gratuito de 5Gb y cuentas de pago de has 1Tb.
- **Google Drive:** Propietario de Google se vinvula mediante una cuenta en Gmail pude acceder desde su propia página web, o vinculándola mediante una aplicación instalada en el computador, ofrece cuentas gratuitas de 15 Gb y cuentas de paga de hasta 30 Tb.
- **MEGA:** Sucesora de Megaupload ofrece carga de 50 Gb de almacenamiento gratuito, con cifrado en la subida de archivos para aumentar la seguridad, siendo el usuario el único responsable de compartir su contenido.

## 2.6. Software de desarrollo

Es un programa que permite el desarrollo de aplicaciones, comúnmente se conoce por IDE (Integrated Development Environment, por sus siglas en inglés). Se utiliza para hacer programas en diferentes lenguajes (C++, Java, Python, Lisp, etc).

- **Microsoft Visual Studio:** Es un programa que permite el desarrollo de aplicación en múltiples lenguajes de programación desarrollado en un entorno amigable, permitiendo así controlar y manejar la información obtenida del sensor Kinect (Microsoft, 2016).
- **Processing:** Es un software flexible y un lenguaje para aprender a codificar en forma gráfico como si fuese un cuaderno de bocetos. Es utilizado en lenguaje C y bajo plataformas de gestión de Java para el desarrollo del aprendizaje y la creación de prototipos tanto del diseño gráfico como de la electrónica (Melgar, 2013).
- **Sun Java Studio:** entorno de desarrollo basado en NetBeans desarrollados por Sun Microsystems para implementación de sistemas y creación de aplicaciones en base a lenguaje java y compatible con otros lenguajes con C++ o C# , cunpe con funciones de integración de interfaces visuales en un entorno de programación amigable (Liferay, 2015).

## 2.7. Sensores de Captura de movimiento del cuerpo humano

Hoy en día existen muchos sensores capaces de monitorear las partes del cuerpo humano, estas herramientas han sido diseñados con la finalidad de reconocer la forma humana y entregar información de la ubicación de las extremidades de la anatomía en un sistema de coordenadas (Garrido, 2011).

### 2.7.1. Sensor Kinect

El Kinect es una plataforma de juego sin controles que detecta y captura los movimientos del cuerpo humano y sus gestos en un espacio tridimensional, se compone de múltiples dispositivos electrónicos: una cámara RGB estándar de 640x480 píxeles, una cámara de profundidad infrarroja de 320x240 píxeles, un proyector de láser infrarrojo, un arreglo de micrófonos, y un motor, permitiendo así el seguimiento efectivo de hasta 20 joints (puntos de esquematización del cuerpo) distribuidos alrededor del cuerpo (Muñoz-Cardona, Henao-Gallo, & López-Herrera, 2013), en la Figura 13 se puede apreciar la composición del Sensor Kinect

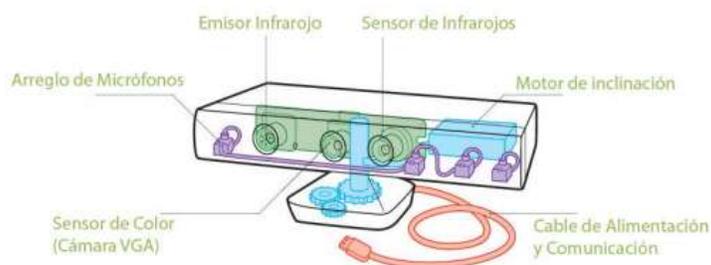


Figura 13: Composición del Hardware Kinect  
Fuente: (wired, 2011)

### 2.7.1.1. Descripción del Hardware Kinect

Este sensor se compone de varias piezas o elementos en que se describen a continuación (Cajas, 2014)

- **Arreglos de Micrófonos:** se conforma de 4 micrófonos, cuya funcionalidad es identificar el punto exacto de donde provienen las voces o sonidos mientras filtra el ruido de fondo.
- **Emisor Infrarrojo:** Pequeño elemento electrónico que emite una luz infrarroja en un área, la luz incide en una superficie, se refleja hacia un receptor y este es leído determinando la profundidad.
- **Sensor Infrarrojo:** Analiza los patrones u ondas que se receptan del emisor infrarrojo, construyendo así un mapa 3D de todos los objetos y las personas que la integran su entorno.
- **Motor de Inclinación:** Es un pequeño rotor que permite al Kinect inclinarse según se detecte el movimiento.
- **Cable de alimentación y Comunicaciones:** Conexión entre el Kinect y el ordenador o Xbox el cual transmite datos y energía, para conectarse con la computadora requiere de una fuente de alimentación adicional.
- **Sensor en Color (Cámara VGA):** Captura imágenes al igual que una cámara Web. El Kinect utiliza esa información para obtener detalles acerca de los objetos y el entorno que le rodea.

### 2.7.1.2. Especificaciones Técnicas Kinect

Kinect es un dispositivo de juego (para Xbox 360) adaptado para PC mediante el cual puedes jugar con todo el cuerpo, es decir, sin mandos, reconoce gestos, comandos de voz, objetos e imágenes, en la Tabla 3 se pueden observar las especificaciones técnicas del producto.

Tabla 3: Especificaciones Técnicas Kinect

<b>Sensores/Cámaras</b>				
Cámara RGB.	Cámara VGA con resolución de 640x480px a 30FPS.	Doble cámara de profundidad 3D con resolución de 640x480px a 30FPS.	Sensor de profundidad.	Micrófono multi-arreglo.
<b>Campo de Visión</b>				
Campo de visión horizontal= 57°	Campo de visión vertical= 43°	Rango de inclinación física= ±27°	Rango de profundidad= 1,2-3,5 metros	
<b>Flujo de Datos</b>				
320x240 a 16 bits de profundidad a 30FPS.	640x480 a 32 bit de color a 30FPS.	Audio de 16 bit a 16kHz.		
<b>Sistema de Seguimiento</b>				
Rastrea hasta 6 personas, incluyendo 2 jugadores activos.	Rastrea 20 articulaciones por jugador activo.	Es capaz de modelar los avatares a imagen y semejanza tuya.		
<b>Sistema de Audio</b>				
Permite chat en vivo y voz dentro del juego como si de una Xbox Live Party se tratara (requiere Sbox Live Gold).	Sistema que cancela el eco.	Reconocimiento de voz múltiple.		
<b>Requisitos del sistema</b>				
Sistema Operativo: Windows 7 (32bit o 64bit) Linux MacOS	Procesador: 2,66ghz o superior	RAM: 2GB o superior.	Sensor Kinect for Windows que incluye USB especial (como fuente de alimentación).	Consumo de energía 2,5W
<b>Tipo de Conexión</b>				
USB 2.0				
<b>Precio</b>				
200 Dólares				

Fuente: (elotrolado.net, 2015)

### 2.7.1.3. Descripción del Software para el funcionamiento de Kinect

El sensor Kinect se comunica con el ordenador por medio de un puerto USB, una vez conectado el sensor encenderá un led de color verde. Para poder obtener los datos que se están censados se necesita una plataforma de programación, es decir, un lenguaje como: C++, C# o Visual Basic, además, es necesario descargar e instalar el driver “Kinect for Windows SDK” para que Kinect empiece a funcionar (abhijitjana.net, 2011), la Figura 14 muestra el esquema de comunicación que el sensor Kinect mantiene ante el usuario

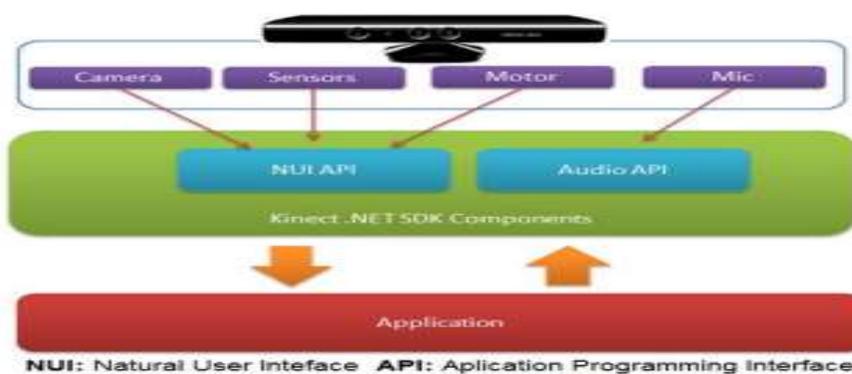


Figura 14: Esquema de comunicación del Kinect  
Fuente: (abhijitjana.net, 2011)

### 2.7.1.4. Controladores y Plataformas

Los controladores o también denominados “drivers” del sensor Kinect están disponibles para el usuario en distintas modalidades tanto para software libre como para software licenciado e incluyendo sistemas embebidos como lo es Raspberry, siendo los principales: OpenKinect, OpenNI para sistemas libres y el oficial Kinect Windows SDK.

- **SDK para Kinect:** Es una librería que facilita la interacción con el dispositivo Kinect, brindando información sobre las capturas que realice que podrían ser articulaciones (esqueleto humano) y movimientos. (Riofrio, 2014).
- **El Kinect para Windows Developer Toolkit:** Contiene información actualizada y nuevos ejemplos de código fuente desarrollados para para aplicaciones de Windows (microsoft, 2016).
- **NUI Skeleton Tracking:** Es una aplicación “NUI Skeleton Tracking” que proporciona información acerca de la ubicación y orientación de los usuarios. Los datos se envían a la aplicación como una nube de puntos llamados “Skeleton Joints” que componen la esqueletización del cuerpo (Aguado, 2015).
- **OpenKinect: Libfreenect:** Es una librería de licencia libre. Los controladores desarrollados permiten acceder a los elementos del Kinect como las cámaras obteniendo imágenes RGB y de profundidad, también se puede acceder al control del motor, acelerómetro (OpenKinect.org, 2015).
- **OpenNI/NITE:** Desarrollado bajo licencia libre para permitir acceder a los datos de profundidad, a las imágenes RGB de la cámara, al audio del arreglo de micrófonos. Permite acceder directamente a la esqueletización del usuario para el reconocimiento de posturas y gestos (OpenKinect.org, 2015).

### 2.7.1.5. *Funcionamiento del Sensor Kinect*

El sensor Kinect utiliza la cámara RGB para obtener imágenes en color y dos cámaras de infrarrojos para medir la distancia a la que se encuentran los elementos. Con la aplicación de SDK de Kinect para Windows o Libfreenect en Linux se obtienen los datos de las cámaras para procesarlos y utilizarlos en nuestras aplicaciones. Las imágenes que se obtienen del sensor se codifican en un vector de bytes (Garrido, 2011, págs. 9-10).

Para entender la codificación que Kinect realiza, primero se debe conocer cómo se estructura una imagen. Una imagen o figura se compone de un conjunto de píxeles. Cada píxel o segmento de la misma se compone por 4 partes que representan los valores de los colores rojo (R, red), verde (G, green) y azul (B, blue) más una componente que corresponde con el valor de transparencia (a, alfa) en el caso de imágenes RGBA, o un valor vacío, si es de tipo RGB. (www.kuepperscolor.de, 2009)

Cada componente del píxel toma un valor decimal de 0 a 255 equivalente a un byte, de esta forma el vector de bytes que conseguimos del sensor, es decir de la cámara RGB es una representación de esos píxeles organizados de arriba abajo y de izquierda a derecha donde los 4 primeros elementos del vector serán los valores rojos, verde, azul y alfa del píxel de arriba a la izquierda, mientras que los 4 últimos serán del píxel de abajo a la derecha como se puede apreciar en la Figura 15.

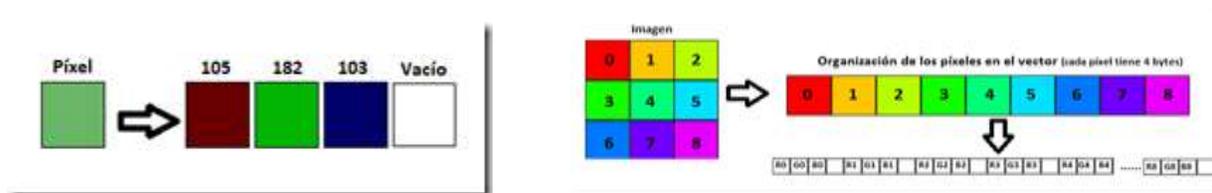


Figura 15: Composición de un píxel y formación de una imagen  
Fuente: (microsoft, 2011, pág. 1)

Cuando se usa el sensor de profundidad el procedimiento cambia. Se obtiene un vector de bytes al igual que la cámara RGB, pero en esta ocasión esos bytes no corresponden con los valores de los componentes de un píxel sino con la distancia del píxel al sensor se puede observar la representación de la matriz en la Figura 16.

Al tener 2 cámaras de infrarrojos cada píxel se corresponde con 2 bytes en el vector siendo éstos el valor de la distancia de ese píxel a cada cámara. La organización de los píxeles es la misma que con la cámara RGB, los 2 primeros bytes es la distancia del píxel de la posición de arriba a la izquierda al sensor y los 2 últimos son del píxel de abajo a la derecha (microsoft, 2011).



Figura 16: Composición de la imagen con sensor de profundidad  
Fuente: (microsoft, 2011, pág. 2)

### 2.7.2. Sensor WAVI Xtation Asus

Es un dispositivo diseñado para ordenadores de escritorio o portátiles que se puede manejar mediante gestos o movimiento de las manos. Está diseñado para combinar el ordenador con un televisor con la finalidad de ampliar la imagen y la interacción en videojuegos, películas y otros contenidos multimedia, en la Figura 17 se puede apreciar como se ve comercialmente.

No requiere tender cables para funcionar, la comunicación entre el ordenador y el televisor se realiza a través de la tecnología WHDI (Wireless Home Digital Interface), similar a HDMI pero

inalámbrica (opera en la banda de los 5 gigahertzios). Así es posible servir películas y videojuegos en alta definición con un alcance máximo de 25 metros (ASUS, 2014).



Figura 17: Asus Xtion Pro  
Fuente: (ASUS, 2014)

#### 2.7.2.1. *Composición del Hardware de WAVY Xtion*

El PRO VIVO Xtion utiliza sensores infrarrojos, tecnología de detección de la profundidad de adaptación, detección de imágenes en color y flujo de audio para capturar una imagen en tiempo real de los usuarios, el movimiento y la voz, haciendo el seguimiento de usuario más precisa con los siguientes elementos.

- **PrimeSense:** Sensor tipo CMOS que permite reconocer hasta 8 posturas predefinidas que le permiten empujar, hacer click, círculo, onda y mucho más- perfecta para su uso el control de una interfaz de usuario.
- **RGB :** Xtion Pro Live permite a color (RGB) de detección de imagen. Con RGB, Xtion Pro Live puede capturar la imagen de los usuarios, lo cual es útil para la detección humana, señalización digital, sistema de seguridad y más aplicaciones que se creará.

- **Audio:** Flujo de audio permite el soporte para el control de voz y otras aplicaciones de reconocimiento de voz. La videoconferencia en la oficina y en casa también son posibles junto con la función RGB.
- **WAVI:** servidor multimedia inalámbrico permite la conexión del sensor con la televisión mediante una conexión WHDMI de hasta 5Gb de transmisión de datos.
- **Xtion:** Sensor de movimiento basado en infrarrojos dotado de la tecnología propietaria PrimeSense.
- **Conector USB 2.0:** Permite la conexión al computador mediante este conector facilitando la transmisión de datos y alimentación del mismo.

### 2.7.3. Cámara Raspberry

La cámara tiene un sensor de 8 megapíxeles Sony IMX219, muy popular en aplicaciones de seguridad en el hogar con una compatibilidad de resolución de 1080p30, 720p60 y modos de vídeo VGA90.

Se une a través de un cable plano de 15 cm hasta el puerto de CSI en la Raspberry Pi como se muestra en la Figura 18, esta funciona con todos los modelos de Frambuesa Pi 1, 2 y 3. Se puede acceder a través de las API MMAL y V4L, existen varias librerías que permiten la utilización del dispositivo incluyendo el Picamera de Python.



Figura 18: Conexión cámara a Raspberry Pi  
Fuente: (raspberrypi, 2016)

### 2.7.3.1. Características Técnicas de la Cámara Raspberry Pi

La característica técnica de la cámara se puede apreciar en la Tabla 4.

Tabla 4: Características Técnicas Cámara Raspberry Pi

Sensor:	Omnivision 5647 en un módulo de foco fijo
Resolución:	5 Megapíxeles
Resolución fotográfica:	2592 x 1944
Máxima resolución de video:	1080p
Máximo refresco:	30 fps
Tamaño:	20 x 25 x 10 cm
Conexión:	Cable plano de 15 pines MIPI con protocolo de interface serial de camera (CSI), para ser conectado en el Puerto S5.

Fuente: (frambuesapi.co, 2013)

## **CAPÍTULO 3**

### **DESARROLLO EXPERIMENTAL**

El capítulo dará una descripción general del sistema, características y modo de operación de los componentes a utilizarse en el desarrollo de la solución del problema, análisis de los requerimientos de los usuarios, diseño y desarrollo del prototipo.

#### **3.1. Descripción General del Sistema**

El proyecto constituye en el diseño un sistema electrónico de monitoreo corporal de las extremidades inferiores de un estudiante universitario en un aula de clases en la Universidad Técnica del Norte utilizando software libre.

Se desarrollará un sistema electrónico, el cual constará de un ordenador que permita precargar un Sistema Operativo Libre, con características adecuadas para la instalación de un hardware y software para la esquematización y monitoreo de las extremidades inferiores del cuerpo humano. A dicha placa estará conectado un sensor de monitoreo y en la alimentación eléctrica.

Se realizará un análisis de las características técnicas y físicas de los elementos que se utilizarán para la elaboración del proyecto, el mismo que constará principalmente de un ordenador, que tendrá como características especiales, tamaño, velocidad de procesamiento y facilidad para la implementación de un sistema operativo libre, con la finalidad de ser colocado en un lugar

pequeño dentro del salón de clases, y pueda ser cambiado de lugar sin ningún problema. A la placa estará conectado un sensor de monitoreo, que servirá para esquematizar las extremidades inferiores del cuerpo humano.

Posteriormente se implementará una aplicación en el software para manejar los datos obtenidos por el sensor de monitoreo. Mediante este proceso se podrá lograr la esquematización del cuerpo humano. Esta información servirá como punto de partida para observar las posiciones que los estudiantes adoptan. Además, de poder generar estimadores de posición mediante de graficas estadísticas. La aplicación constará de puntos de referencia denominada “Joint” de cada articulación de las extremidades inferiores.

### **3.1.1. Enfoque del Sistema**

El “Sistema de Monitoreo Corporal” está orientado para el uso de estudiantes o profesores o cualquier persona que deseen monitorear sus hábitos de estudio en lo que se refiere a posturas corporales en posición sedente y a extremidades inferiores a cualquier hora del día y en condiciones que no alteren la captura de datos. También podrá ser utilizado en futuras investigaciones fuera del campo educativo y entrar en el área de medicina o fisioterapia para controlar los movimientos o rutinas de sus pacientes. Este sistema electrónico podrá ser utilizado de una manera simple, ya que presentará la esquematización<sup>2</sup> del cuerpo en una aplicación gráfica, fácil de operar para cualquier persona. Los usuarios podrán visualizar su cambio de posición si se tiene la disponibilidad de un monitor.

---

<sup>2</sup> Esquematización: Representación de algo como el cuerpo humano a sus rasgos esenciales o más generales como líneas y cirulos

### 3.1.2. Limitaciones

El sistema electrónico tendrá condiciones de uso para su aplicación, entre las cuales se encuentran:

- El constante suministro de energía de la red pública ya que no consta de batería propia.
- La persona deberá estar a mínimo de 30 centímetros y máximo de 4 metros para que el sensor de movimiento pueda esquematizar su cuerpo.
- La posición del sensor no debe estar en contra luz ya que podría alterar la obtención de los datos.
- El sistema deberá estar a la altura de la cintura del individuo para que este pueda esquematizar su cuerpo

### 3.1.3. Definiciones

- a. Sistema Electrónico.** - Conjunto de dispositivos que juntos forman un circuito electrónico cuyo funcionamiento depende del flujo de electrones para generar, recibir, transmitir y almacenar información (Ecuared, 2016).
- b. Ordenador o Unidad de Procesamiento** - Es una computadora completa en un sólo circuito. El diseño se centra en la creación de un microprocesador con Memoria RAM, y puertos para periféricos de E/S, con características completamente funcionales en una sola tarjeta que suele ser de tamaño reducido, y que tiene todo lo que necesita en la placa base (Francisco, 2013).
- c. Captura de Movimiento (MoCap).**- Término utilizado para describir el proceso de grabación de movimiento y el traslado de éste a un modelo digital (HCI Group, 2013).

- d. Joint.** - Es un punto ubicado en el cuerpo del usuario que permite la esquematización y el registro de datos dentro de un modelo digital (Cajas, 2014).
- e. Kinect.** - Sensor de movimiento creado por Microsoft, donde los usuarios sin necesidad de usar ningún tipo de periférico, utilizan los movimientos y gestos de su cuerpo para lograr controlar los dispositivos permitiendo el registro de los datos (Garrido, 2011).
- f. Realidad Virtual.** - Ciencia basada en el empleo de ordenadores y otros dispositivos cuyo fin es producir una apariencia de realidad a una experiencia virtual, que le permita al usuario tener la sensación de estar física y realmente presente en ella. (HCI Group, 2013).

### 3.2. Modelo en V de desarrollo de Software

Para la realización del proyecto se implementara un modelamiento de fases de desarrollo denominado modelo en V una forma ordenada, este modelo permite verificar progreso del trabajo de manera secuencial, las fases están estrechamente conectadas para facilitar y mejorar el desarrollo y verificándolo con su debida retroalimentación con el proceso anterior y documentación adecuada de cada actividad y avance realizado, además este modelo plantea una interacción entre los requerimientos del sistema o Stackholder <sup>3</sup> tanto de los usuarios como de los elementos de software y hardware que intervienen en desarrollo. La Figura 19 muestra la forma o estructura general del modelo, cada una de sus fases y conexiones.

---

<sup>3</sup> Stackholder: Persona involucrada con el sistema electrónico directa o indirectamente.



Figura 19: Modelo de Desarrollo  
Fuente: Autoría

### 3.3. Análisis

Para el desarrollo del análisis se ha tomado como base a la sección 2.2.4, que forma parte del documento en el cual se ha estudiado las recomendaciones para lograr una postura corporal adecuada además de las consecuencias y problemas que las irregularidades en esta provocan.

La técnica utilizada en el análisis es la observación directa, orientada para determinar el comportamiento de un grupo establecido de personas, para ello se realizó en dos locaciones de la Universidad Técnica del Norte, la primera de ellas fue la biblioteca de la institución en la que tiene una amplia acogida de estudiantes de las diferentes facultades en la cual se observó durante una

semana y en la cual se pudo determinar un patrón de posturas de la extremidades inferiores como se observa en las Figura 20.

Esta observación se maneja en base a la biomecánica de la rodilla la cual solo puede tomar 3 estados dependiendo de sus ángulos de flexión de acuerdo una plano frontal indicado en el estudio de (Solsona, 2014) como ángulo agudo menores a  $90^\circ$  posición 2, ángulo recto iguales a  $90^\circ$  posición 1 y ángulo obtuso mayores a  $90^\circ$  posición 3 cada una de estas como un rango de movimiento de  $20^\circ$ , además del análisis realizado por (Martínez, 2013) y en el cual indica el comportamiento del estudiante universitario dentro del salón de clases y las posturas más comunes de los mismos.



Figura 20: Referencia de Posturas dentro la Biblioteca  
Fuente: Autoría

Luego de analizar los resultados durante una semana se encontró que estos varían en su ángulo de flexión de las piernas encontrando que solo pueden tomar tres estados del ángulo entre los músculos del muslo y la pantorrilla el resultado de este análisis se resume en la Tabla 5.

Tabla 5: Posturas encontradas en el análisis en la biblioteca de la Universidad

Postura 1	Postura 2	Postura 3	Postura 4
			
<b>Angulo recto formado entre la pantorrilla y el muslo, se puede observar que se realiza una variación cruzando las piernas a la altura de los tobillos</b>	<b>Angulo agudo formado entre la pantorrilla y el muslo, se puede observar que se realiza una variación cruzando las piernas a la altura de los tobillos</b>	<b>Angulo obtuso formado entre la pantorrilla y el muslo, se puede observar que se realiza una variación cruzando las piernas a la altura de los tobillos</b>	Se considera postura por default en caso de que las piernas no coincidan dentro del mismo rango de análisis

Fuente: Autoría

Nota: Las figuras de la tabla fueron recuperadas de (Rehabilita-T , 2014)

Tras el análisis global realizado en la biblioteca de la universidad se procedió a sesgar la información y realizar el estudio en la locación dos que en este caso serían un salón de clases de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas utilizado como laboratorio de Fibra Óptica empleado para la realización de proyectos de tesis por un grupo de estudiantes los cuales fueron monitoreados en el transcurso de toda la jornada laboral, que se extendía de 7:00 am a 13:00 pm.

El grupo está compuesto por 7 hombres y 3 mujeres de estaturas entre 1.55 m a 1.80 m , a los cuales se observó mientras realizaban diversas actividades en las que necesitaban un alto nivel de concentración y en otras actividades en las cuales los estudiantes se relajaban.

Se tomaron tres capturas de datos, la primera al iniciar la jornada matutina a las 7:15 am, el resultado se puede observar en la Tabla 6, la segunda luego de dos horas de trabajo a las 9:00 am como se muestra en Tabla 7, y una tercera en la última media hora de la jornada 12:30 am Tabla 8. Cada estudiante fue observado durante un periodo de 5 minutos para tomar una decisión, tiempo en el cual se pudo determinar que posturas corporales adoptan en posición sedentes y como mantienen la posición de sus extremidades inferiores como se aprecia en el ANEXO 4.

Con la constatación de la observación de los diez estudiantes que forman el grupo de investigación se logra una base robusta para determinar la formación de ángulos de las piernas, que representan las actividades monótonas de una mayoría o grupo de personas que realice actividades similares.

El ángulo de flexión de la rodilla según el plano frontal en el cual está formado por el fémur con la pierna como se indica en la Figura 21 y la investigación realizada por parte de (Solsona, 2014), así como, el estudio de deducción postural por parte de (RPG Latinoamerica, 2013) determinan que las extremidades inferiores se pueden evaluar en base a ángulos agudos, rectos y obtusos.

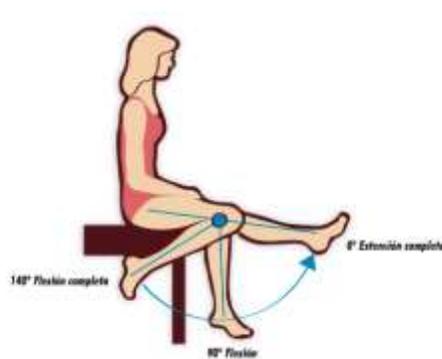


Figura 21: Flexión y extensión de la pierna  
Fuente: (Solsona, 2014)

La primera ficha de observación se realizó al iniciar la jornada de clases durante una semana completa de lunes a viernes en la cual se evaluó la posición y el grado de flexión de las piernas según los ángulos formados entre sus músculos del muslo y la pantorrilla de cada pierna sus resultados se pueden apreciar en la Tabla 6.

Tabla 6: Resultados Observación Inicio de Jornada

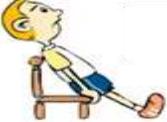
Hora: Inicio de la Jornada					Código A1	
Número de estudiantes que mantienen diferentes posturas durante la semana					Gráfico	Descripción
L	M	M	J	V		
4	6	5	3	3		Angulo recto formado entre la pantorrilla y el muslo, se puede observar que se realiza una variación cruzando las piernas a la altura de los tobillos
3	2	2	2	2		Angulo agudo formado entre la pantorrilla y el muslo, se puede observar que se realiza una variación cruzando las piernas a la altura de los tobillos
2	2	2	1	3		Angulo agudo formado entre la pantorrilla y el muslo, se puede observar que se realiza una variación cruzando las piernas a la altura de los tobillos
1	0	1	4	2		Se considera postura por default en caso de que las piernas no coincidan dentro del mismo rango de análisis

Fuente: Autoría

Nota: Las figuras de la tabla fueron recuperadas de (Rehabilita-T , 2014)

La ficha numero dos luego de dos horas de trabajo es decir alrededor de las 9:00 am en la cual se pudo evaluar el grado de flexión de las piernas y si los estudiantes, los resultados se pueden apreciar en la Tabla 7.

Tabla 7: Resultados Observación Media Jornada

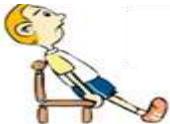
Hora: Media Jornada					Código A2	
Número de estudiantes que mantienen diferentes posturas durante la semana					Gráfico	Descripción
L	M	M	J	V		
1	2	4	3	3		Angulo recto formado entre la pantorrilla y el muslo, se puede observar que se realiza una variación cruzando las piernas a la altura de los tobillos
6	3	1	2	2		Angulo agudo formado entre la pantorrilla y el muslo, se puede observar que se realiza una variación cruzando las piernas a la altura de los tobillos
1	2	2	3	5		Angulo agudo formado entre la pantorrilla y el muslo, se puede observar que se realiza una variación cruzando las piernas a la altura de los tobillos
2	3	3	2	0		Se considera postura por default en caso de que las piernas no coincidan dentro del mismo rango de análisis

Fuente: Autoría

Nota: Las figuras de la tabla fueron recuperadas de (Rehabilita-T , 2014)

La ficha número tres se efectuó en la última media hora de clase de la jornada matutina del día es decir alrededor de las 12:30 am en el cual se pudo evaluar el grado de flexión de las piernas y si los estudiantes cruzan o no las mismas, los resultados se pueden apreciar en la Tabla 8.

Tabla 8: Resultados Observación Ficha 3

Hora: Media Jornada					Código A3	
Número de estudiantes que mantienen diferentes posturas durante la semana					Gráfico	Descripción
L	M	M	J	V		
4	2	6	3	3		Angulo recto formado entre la pantorrilla y el muslo, se puede observar que se realiza una variación cruzando las piernas a la altura de los tobillos
1	1	4	2	2		Angulo agudo formado entre la pantorrilla y el muslo, se puede observar que se realiza una variación cruzando las piernas a la altura de los tobillos
3	4	0	3	3		Angulo agudo formado entre la pantorrilla y el muslo, se puede observar que se realiza una variación cruzando las piernas a la altura de los tobillos
2	3	0	2	2		Se considera postura por default en caso de que las piernas no coincidan dentro del mismo rango de análisis

Fuente: Autoría

Nota: Las figuras de la tabla fueron recuperadas de (Rehabilita-T , 2014)

De acuerdo a la investigación realizada se determinó que las cuatro posiciones que se repiten constantemente y que la mayoría de estudiantes del grupo adoptan una posición correcta al iniciar la jornada de trabajo, pero van deformando esta postura en el transcurso del día, además, se denotó una variación de movimiento de las extremidades inferiores, dependiendo del grado de atención y comodidad de acuerdo a la actividad que se encuentre realizando, ya que los días martes, miércoles y considerados como días de elaboración de informes y correcciones de proyectos se puede apreciar que los estudiantes adoptan las posturas 1, 2 y al finalizar la jornada la pos 3 se torna predeterminada ya que el estudiantes se relaja o se aburre.

### **3.4. Requerimientos del Sistema**

En esta sección de la investigación se especificarán todos los requisitos necesarios bajo el estándar IEEE 29148 en base a Stakeholder o elementos que determinan el buen funcionamiento del sistema, determinar las recomendaciones necesarias para que el usuario del Sistema de Monitoreo Corporal pueda ejecutarlo en óptimas condiciones y evitar fallos en la captura de datos, para ello estos se eligen en base al enfoque del sistema sus limitaciones y descripción general del mismo.

#### **3.4.1. Requerimientos Funcionales**

Los requerimientos funcionales del sistema son determinados por los componentes básicos de arquitectura en lo correspondiente a hardware y software, el cual se dividirá en Ordenador o Procesador (RP), Sensor de Monitoreo (RM), Software de Desarrollo (RSD)<sup>4</sup> y otros (RO), características indispensables para el funcionamiento correcto del proyecto en la Tabla 9.

---

<sup>4</sup> Software de desarrollo: Herramienta de desarrollo para la generación de aplicaciones que soporta múltiples lenguajes de programación

Cada uno de los requerimientos serán calificados según su prioridad como alto, medio o bajo, determinando así cuales son los elementos indispensables para el sistema y cuáles podrían ser irrelevantes, cada uno es establecido en base a condiciones necesaria para la captura de movimiento, procesamiento y esquematización de imágenes provistas en la ejecución del proyecto.

Tabla 9: Determinación de los requerimientos necesarios para el funcionamiento sistema

Código	Descripción: Requerimientos de funcionalidad	Prioridad		
		alto	medio	Bajo
<b>RP1</b>	Permitir el uso un Sistema Operativo libre (Linux)	X		
<b>RP2</b>	Velocidad de Procesamiento mínimo 1.2 GHz		X	
<b>RP3</b>	Capacidad de almacenamiento mínima 8 Gb, destinado para guardar librerías, imágenes y datos recolectados		X	
<b>RP4</b>	Permitir conexión con el sensor de movimiento para monitorear el cuerpo humano	X		
<b>RP5</b>	Capacidad de procesamiento de capturas de profundidad	X		
<b>RP6</b>	Capacidad de conexión a Internet		X	
<b>RM1</b>	Captar los movimientos de las extremidades del cuerpo humano	X		
<b>RM2</b>	Funcionalidad ante luz artificial baja	X		
<b>RM3</b>	Permitir esquematización las extremidades del cuerpo humano	X		
<b>RM4</b>	Susceptibilidad ante la luz natural	X		
<b>RM5</b>	Motor de inclinación		X	
<b>RSD1</b>	Permitir comunicación entre el sensor de monitoreo corporal y la interface bajo licencia libre	X		
<b>RSD2</b>	Librerías para permitan la captura esquematización del cuerpo humano	X		
<b>RO1</b>	Pequeño		X	
<b>RO2</b>	Económico		X	

Fuente: Autoría

### **3.5. Selección del Hardware y Software**

La elección del hardware y software se determinará bajo los requerimientos establecidos anteriormente, es necesario realizar una comparación entre los diferentes softwares y hardware existentes en el mercado de los diferentes elementos electrónicos a usarse en el proyecto los cuales serán evaluados bajos un rango de puntajes que permitirán determinar la mejor opción, para ello se ha establecido una escala de puntuación de la siguiente manera: con 3 puntos cumple totalmente, 1 punto cumple parcialmente, 0 puntos no cumple con el requerimiento, de tal manera que el elemento con mayor puntuación sea el más idóneo para ser parte del sistema.

#### **3.5.1. Tabla comparativa de componentes del sistema**

En esta sección a modo de resumen se puede observar con más detalle las características de hardware y software que pueden cumplir con los requerimientos establecidos para el sistema y que se encuentran en el mercado actualmente,

En la Tabla 10 se da a conocer las características fundamentales de la Unidad de Procesamiento u ordenador en una comparativa de las herramientas más conocidas y existentes en el en el mercado y que pueden cumplir con las necesidades del sistema de tal manera que la información se utilizada para elegir cual sería el equipo para conveniente para la implementación.

Tabla 10: Comparativa Procesador

Herramienta Características	Raspberry pi 2B	Arduino 1	CubieBoard	PcDuino	Ordenador Portátil HP G4 SERIES
<b>Velocidad de procesamiento</b>	900 MGZ	16 khz	1Ghz	1Ghz	2,3 Ghz
<b>RAM</b>	512 Mb	32Kb	1 Gb	1 Gb	4 Gb
<b>Soporte de SO instalado</b>	Ubuntu Raspbian	Unix – Arduino	Linux	Linux	Linux Windows Mac OS
<b>Audio</b>	HDMI	No soporte audio	HDMI	HDMI	HDMI
<b>Video</b>	HDMI	No soporte video	HDMI VGA	HDMI	HDMI VGA
<b>Red</b>	Ethernet	No contiene entrada de red	Ethernet Wifi	Ethernet Wifi	Ethernet Wifi
<b>Consumo</b>	800 mA 5V 4W	46 mA 5V 0,23W	800mA 5V 4W	800 mA 5V 4W	3.3 A 18.5V 65 W
<b>Alimentación</b>	MicroUsb	USB – Puerto LDP	USB	USB	JACK POWER
<b>Precio</b>	75 Dólares	25 Dólares	150 Dólares	200 Dólares	350 Dólares
<b>Tamaño</b>	Pequeño	Pequeño	Mediano	Mediano	Grande

Fuente: Autoría

En la Tabla 11 se da a conocer las características fundamentales de sensores de movimiento en una comparativa de las diversas herramientas más conocidas y existentes en el en el mercado y que pueden cumplir con lo que necesita el sistema.

Tabla 11: Comparativa Sensor de Movimiento

Herramienta Características	WAVY Xtation ASUS	KINECT	Cámara Raspberry	Cámara Ps4
<b>Rango de Profundidad</b>	0.8 a 3.5 metros	1.2 a 3.5 metros	No posee sensor de profundidad	1 a 3 metros
<b>Rango de Visión</b>	58° Horizontal 45° Vertical	70° Horizontal 60° Vertical	Funcionalidad cámara normal 60°	60° Horizontal 60° Vertical
<b>Sistema Operativo</b>	Windows Unix Android	Windows Linux Mac OS	Unix Raspberry Pi	Unix – Sony PS4
<b>Conexión</b>	USB 2.0	USB 2.0 USB 3.0	Cable plano de 15 pines MIPI con protocolo de interface serial de camera (CSI)	USB 2.0
<b>Rastreo</b>	2 usuarios 20 puntos por Cada uno	6 usuarios 25 puntos por cada uno	No posee funcionalidad de rastreo	2 usuarios 6 puntos por Cada uno
<b>Resolución</b>	640 x 480 (VGA) 30 fps Depth	512 x 424 30fps Depth 1920 x 1080 Full HD Color	512 x 424 640 x 480 Full HD Color	512 x 424 640 x 480 (VGA) 1280 x 1024 Color 30fps Depth
<b>Adaptador externo para uso en pc</b>	No necesita adaptador	Necesita adaptador	No se puede conectar a una pc	No necesita adaptador
<b>Sensores</b>	IR	RGB, IR, Depth array de 4 micrófonos	No tiene sensores	IR, RGB
<b>Precio</b>	150 Dólares	200 Dólares	45 Dólares	100 Dólares

Fuente: Autoría

En la Tabla 12 se da a conocer las características fundamentales de sensores de movimiento en una comparativa de las diversas herramientas más conocidas y existentes en el en el mercado y que pueden cumplir con lo que necesita el sistema.

Tabla 12:Comparativa de Software de Desarrollo

<b>Herramienta</b>	<b>Visual Studio</b>	<b>Java Studio</b>	<b>Processing</b>
<b>Características</b>			
<b>Sistema Operativo</b>	Windows	Windows Linux Mac os	Windows Linux Mac os
<b>Facilidad de Uso</b>	Complicado	Complicado	Fácil
<b>Velocidad de Procesamiento</b>	1 GHZ CPU	1 GHZ CPU	512 GHZ CPU
<b>Espacio disponible en disco</b>	4 GB	700 – 1GB	300 Mb
<b>RAM</b>	256 -512 Mb	512 Mb	256 Mb
<b>Video Mínimo</b>	800 x 600, 256 colores	800 x 600, 256 colores	800 x 600, 256 colores
<b>Compatibilidad 32bits y 64bits</b>	32bits y 64bits	32bits y 64bits	32bits y 64bits

Fuente: Autoría

### 3.5.2. Elección de la Unidad de Procesamiento u ordenador

De acuerdo con lo establecido en la Tabla 9 en la cual se da a conocer los requerimientos fundamentales para el sistema y el funcionamiento correcto del mismo se procede a la selección de la Unidad de Procesamiento u ordenador en la Tabla 13, en la cual se da una comparativa de diversos elementos comerciales que pueden cumplir con esa labor.

Tabla 13: Comparación para la elección de Unidad de Procesamiento u ordenador

Tipo	Unidad de Procesamiento u Ordenador								Valoración
	Requerimiento								
	RP1	RP2	RP3	RP4	RP5	RP6	RO1	RO2	
<b>Arduino Uno</b>	0	0	0	0	0	0	3	3	6
<b>Raspberry Pi 2</b>	3	0	3	3	1	3	3	1	17
<b>PCDuino</b>	1	3	3	3	0	3	1	1	15
<b>Cubietruk</b>	1	3	3	3	0	3	1	1	15
<b>Ordenador portátil</b>	3	3	3	3	3	3	1	0	19
<b>Cumple totalmente</b>	<b>3</b>								
<b>Cumple parcialmente</b>	<b>1</b>								
<b>No cumple</b>	<b>0</b>								

#### Elección:

**Bajo el análisis de requerimientos y la valoración asignada a cada uno de ellos la herramienta que mejor se adapta al proyecto es un ordenador portátil. como segunda opción en caso de presentar problemas la primera se debería optar por la utilización de un el Raspberry Pi.**

Fuente: Autoría

### 3.5.3. Elección de Sensor de Movimiento

De acuerdo con lo establecido en la Tabla 9 en la cual se da a conocer los requerimientos fundamentales para el sistema, se procede a la selección del sensor de movimiento en la Tabla 14, en la cual se da una comparativa de diversos elementos comerciales que pueden cumplir con esa labor.

Tabla 14: Elección del Sensor de Movimiento

Tipo	Sensor de Movimiento							Valoración
	Requerimiento							
	RM1	RM2	RM3	RM4	RM5	R01	R02	
<b>WAVI Xtion, Asus</b>	0	3	3	3	1	3	1	14
<b>Cámara Raspberry</b>	3	3	0	0	0	3	1	10
<b>Kinect</b>	3	3	3	3	3	1	1	17
<b>Cámara PS4</b>	0	3	3	3	1	1	1	12
<b>Cumple totalmente</b>	<b>3</b>							
<b>Cumple parcialmente</b>	<b>1</b>							
<b>No cumple</b>	<b>0</b>							

**Elección:**  
**Bajo el análisis de requerimientos y la valoración asignada a cada uno de ellos la herramienta que mejor se adapta al proyecto es Kinect, en caso de fallar o presentar problemas la mejor opción sería WAVI Xtion, Asus.**

Fuente: Autoría

### 3.5.4. Elección de Software de Desarrollo

De acuerdo con lo establecido en la Tabla 9 en la cual se da a conocer los requerimientos fundamentales, se procede a la selección del software de desarrollo en la

Tabla 15, en la cual se da una comparativa de diversos elementos comerciales que pueden cumplir con esa labor.

Tabla 15: Elección del Software de Desarrollo

Tipo	Software para esquematización del cuerpo		Valoración
	Requerimiento		
	RSD1	RSD2	
<b>Visual Studio 2015</b>	0	3	3
<b>Processing</b>	3	3	6
<b>Java Script</b>	3	0	3
<b>Cumple totalmente</b>	<b>3</b>		
<b>Cumple parcialmente</b>	<b>1</b>		
<b>No cumple</b>	<b>0</b>		

**Elección:**  
**Bajo el análisis de requerimientos y la valoración asignada a cada uno de ellos la herramienta que mejor se adapta al proyecto es Processing.**

Fuente: Autoría

### **3.6. Diseño**

Para la construcción del Sistema de monitoreo corporal es necesario considerar las limitaciones antes citadas como son: distancia máxima de reconocimiento, resolución de los datos, procesamiento de los datos del seguimiento, carga computacional del sensor Kinect y alimentación eléctrica.

La colocación del sensor depende de variables externas como la cantidad de luz natural y reflexión sobre el ambiente de trabajo, objetos que obstaculicen la interacción entre el emisor de infrarrojo y su receptor que impidan el reconocimiento de objetos o confundan con otros, generando una falsa esqueletización del usuario.

#### **3.6.1. Diagrama de bloques**

Este diagrama nos permitirá observar la estructura física de nuestro sistema que elementos lo componen y como deberían ser ubicados dentro del espacio físico. El prototipo consta de un sensor Kinect, conectado a un ordenador que procesará los datos obtenidos mediante el software de desarrollo Processing para poder generar una esquematización de forma gráfica, logrando generar un archivo de texto plano .txt, el cual será enviado a través de la Internet hacia una plataforma en la nube para luego ser descargada en cualquier lugar ya sea remoto o local para por medio de un software de análisis estadístico determinar diferentes estimadores de posición el diagrama se lo puede apreciar en la Figura 22.

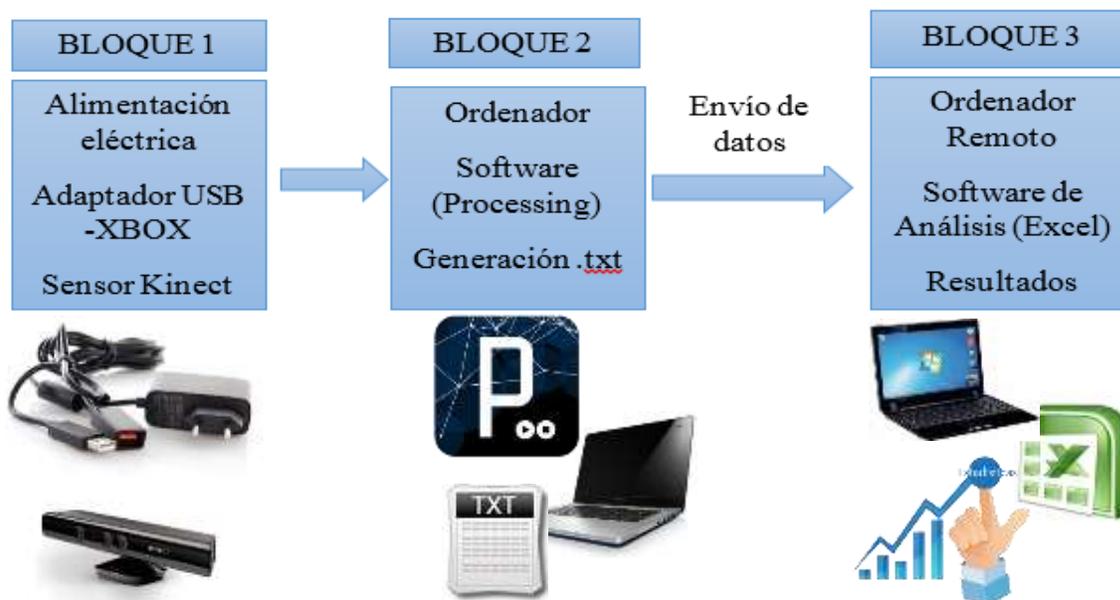


Figura 22:Diagrama de bloques

Fuente: Autoría

El sistema está compuesto por tres bloques que representa cada elemento de el sistema y la integración y transmisión de datos entre cada uno de ellos.

El bloque uno contiene todo lo relacionado al hardware de monitoreo, como es el Sensor Kinect y su forma de conexión hacia el ordenador, conjuntamente con su adaptador de XBOX A USB para ser conectado en el computador.

El bloque 2 incluye el Ordenador personal con software libre Ubuntu, el Software para procesamiento “Processing” el cual permitirá generar un archivo de texto plano con la información recolectada.

El bloque tres consta del Ordenador remoto en el cual recibió los datos previamente recolectados para luego ser tratados en el software de Análisis “Excel” y presentar en graficas estadísticas.

### 3.6.2. Diagrama Esquemático

El sistema de monitoreo esta subdividido en tres elementos, Adaptar Kinect, Sensor Kinect , cada uno de estos elementos tiene su composición interna que se va explicar en esta sección del proyecto

#### 3.6.2.1. Diagrama de circuito Fuente alimentación Sensor Kinect

El sensor Kinect requiere de 12 V y 1 A para su funcionamiento y el computador solo aporta con 5V y 500 mA por su conector USB 2.0, por lo tanto la corriente y voltaje suministrado por esta no es suficiente, por lo que, se necesita un adaptador suplidor de energía el cual suministre de corriente y voltaje suficiente para el funcionamiento del sensor en la Figura 23 se puede observar un diagrama Circuitual del adaptador para Kinect.

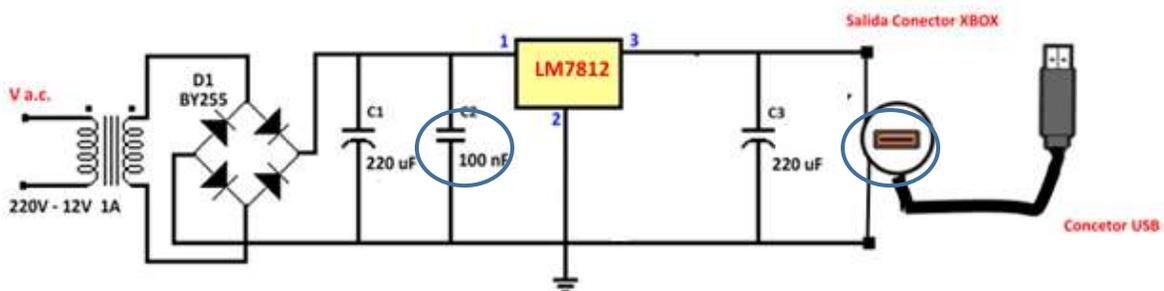


Figura 23:Diagrama de Circuito Fuente Adaptador Sensor Kinect  
Fuente: Autoría

- **Cálculo del condensador:**

$$C = \frac{I}{2\pi * f * V} \quad f = \text{frecuencia en HZ} = 60\text{HZ}$$

$V = \text{Voltaje de Salida del Transformador} = 12V$

$$C = \frac{1}{2\pi * 60 * 12} = 221 \mu F$$

$C = 220 \mu F$ , es el que encuentro en el mercado

Para conectar Kinect al pc, se necesita un cable en forma de Y, un extremo tiene un adaptador hembra para la Kinect (parece un de USB, y es naranja). El otro extremo es un usb, para conectar al pc. Y el tercer extremo es el enchufe para la luz, este adaptador además de permitir conexión al pc permitirá que se suministre la corriente necesaria para encender el sensor como se muestra en la Figura 24.

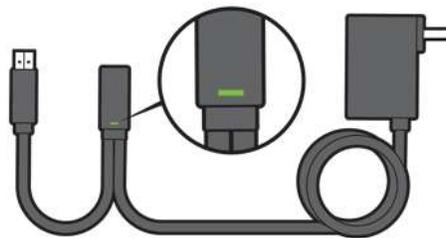


Figura 24: Formar Fuente Comercial del Adaptador Kinect

Fuente: (microsoft, 2011)

### 3.6.2.2. Diagrama esquemático Sensor Kinect

El "corazón" o centro de Kinect es el sistema pS1080 en el chip (SoC) producido por PrimeSense, este es un sensor CMOS que controla un sistema de sensores múltiples que puede proporcionar una imagen de color de imagen de profundidad, y la señal de audio al mismo tiempo. En la Figura 25 se muestra la estructura interna de Kinect, pS1080 codificar la luz IR y proyectarla a la escena, mientras que la captura de la cámara de infrarrojos de la luz IR y envía la señal de

vuelta a pS1080. El procesador pS1080 la señal y recuperar la imagen de profundidad y la combina con la imagen en color que corresponde para interpretar el movimiento o el reconocimiento.

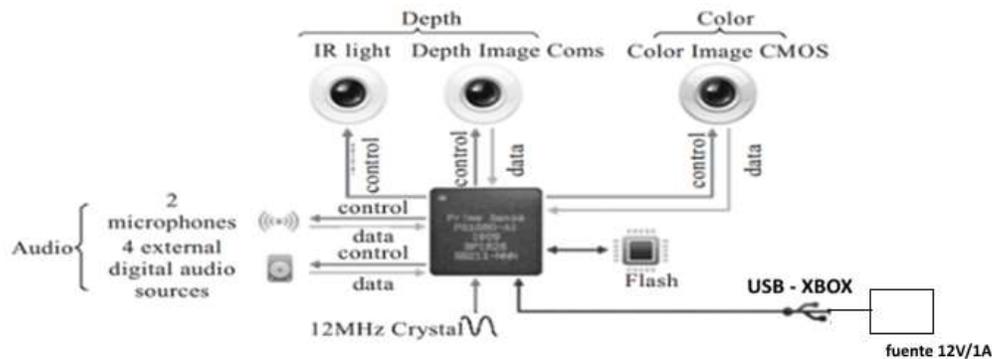


Figura 25: Diagrama Esquemático Kinect  
Fuente: (Zhang, 2013)

Dentro de la carcasa del sensor Kinect para Windows contiene varios elementos que se puede ver a continuación, la interconexión entre el sensor Kinect y computador se puede apreciar en la Figura 26

- Una cámara RGB que almacena tres datos de canal en una resolución de 1280x960..
- Una de infrarrojo (IR) de emisor y un sensor de profundidad IR. El emisor emite rayos de luz infrarroja y el sensor de profundidad lee los haces de IR reflejada de nuevo al sensor.
- Un micrófono de múltiples matrices, que contiene cuatro micrófonos para capturar sonido.
- Un acelerómetro de 3 ejes configurado para una gama 2G, donde g es la aceleración debida a la gravedad.
- Un Procesador pS1080 capaz de integrar las diversas cámaras en un solo sistema para determinar y reconocer distancias y gestos.

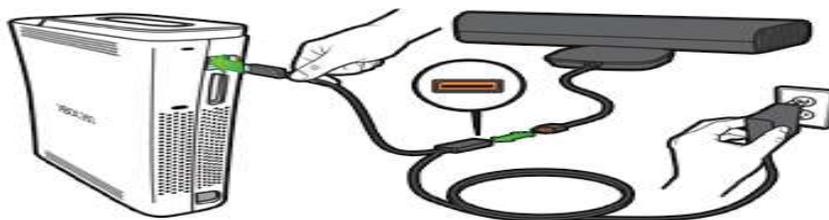


Figura 26: Conexión Kinect adaptador y Pc  
Fuente: (microsoft, 2011)

### 3.6.3. Consumo Energético

Para conocer el consumo energético del dispositivo y gasto económico que este implica, se hace el cálculo respectivo de cada uno de los elementos del sistema esta información se encuentra en la Tabla 16. Para eso se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{CONSUMO MENSUAL} = \frac{\text{Potencia (W)} * \text{horas de uso por día} * \text{días de uso al mes}}{1000}$$

**Donde:**

Potencia (W) = valor correspondiente

Horas (h/día) = 8 horas laborables

Días (día/mes) = 20 días laborables

#### Ordenador (65W)

$$\text{CONSUMO MENSUAL} = \frac{65 * 8 * 20}{1000}$$

Consumo Mensual = 10,4 Kwh/mes

#### Sensor Kinect y Adaptador (2,25W)

$$\text{CONSUMO MENSUAL} = \frac{2,25 * 8 * 20}{1000}$$

Consumo Mensual = 0,36 Kwh/mes

Tabla 16: Consumo Mensual de Energía del Sistema  
**CONSUMO TOTAL DE ENERGIA EN UN MES**

ORDENADOR	10,4 Kwh/mes
-----------	--------------

ADAPTADOR Y KINECT	0,36 Kwh/mes
<b>CONSUMO MENSUAL TOTAL</b>	10,76 Kwh/mes
<b>Precio Kwh</b>	0.095 ctv
<b>Pago consumo eléctrico mensual</b>	<b>1.02 dólares</b>

Fuente: Autoría

El sistema se lo puede ser catalogado como de bajo consumo energético ya que el valor monetario a pagar al mes es de 1.02 dólares.

### **3.6.4. Etapas del Sistema**

El sistema está dividido en cuatro etapas de diseño: el punto inicial está dado por el reconocimiento de sensor en el ordenador y la instalación del mismo en la unidad de procesamiento, la captura del movimiento se da como la etapa número dos en la cual la activación de la cámara RGB y sensor de profundidad inicia su funcionamiento, la tercera etapa da lugar a la esquematización del cuerpo para reconocer las partes del mismo, y finalmente en la etapa cuatro se realizar la captura de los ángulos que serán los datos que servirán para la creación de un archivo .csv que luego se analizara para poder generar datos estadísticos.

#### ***3.6.4.1. Etapa 1: Reconocimiento del Sensor***

Uno de los inconvenientes de este proyecto ha sido encontrar una plataforma de hardware que soporte la implementación del sistema por lo tanto se optó por probar en las dos opciones que se definieron según los requerimientos del sistema estos son Raspberry Pi 2 y el Computador Portátil.

La idea inicial era encontrar un ordenador de placa reducida capaz que se adaptase al salón de clase sin ser detectado y que funcionase con el sensor Kinect. El dispositivo que se tuvo en cuenta para usar fue la placa SBC (Single Board Computer) Raspberry Pi 2 que de acuerdo a los requerimientos de usuario su uso era viable debido a su pequeño tamaño, bajo consumo y amplias características técnicas que se resumen en la Tabla 17.

Tabla 17:Características Técnicas Raspberry Pi 2 Modelo B

<b>Raspberry Pi 2 modelo B</b>	
<b>CPU</b>	900 MHz
<b>RAM</b>	1 Gb
<b>Conexión Internet</b>	Ethernet 10/100 Mbps
<b>GPU</b>	OpenGL ES 2.0 no compatible con estructuras 3D y profundidad
<b>Almacenamiento</b>	Micro SD hasta 32 Gb
<b>Consumo</b>	5v, 900mA depende de la carga de trabajo

Fuente: (Arango, 2014)

La segunda opción disponible es la utilización de un ordenador portátil. Se disponía de un ordenador HP Pavilion g Series con características comunes como: tamaño reducido, bajo peso, bajo coste que fácilmente puede de ser traslado y colocado en cualquier parte del salón de clase, estas características hacen viable la integración con Kinect.

Ofrece características potenciales para el procesamiento de imágenes 3D y profundidad, condición indispensable para el proyecto. Obviamente esta plataforma cuenta con conexión a redes WiFi y entradas USB para poder conectar Kinect; así que cumple los requisitos esenciales para el proyecto tal como se sustenta en el análisis de requerimientos anteriormente. Algunas de las características de esta plataforma se ven en la

Tabla 18.

Tabla 18: Características Técnicas computador Portátil HP Pavilion g4 Series

<b>HP Pavilion g4 Series</b>	
<b>CPU</b>	Intel Pentium B950 (2,10 GHz) (2b)
<b>RAM</b>	4 Gb
<b>Conexión Internet</b>	Ethernet 10/100 Mbps Wifi 802.11 a/b/g/n
<b>GPU</b>	Intel HD Graphics con memoria total de gráficos hasta 762 MB compatibilidad con procesamiento 3D y profundidad
<b>Almacenamiento</b>	Disco duro de 500 GB (5400 RPM)
<b>Consumo</b>	Adaptador de CA de 65 W – 18.5V 3.5 A Batería de ion de litio de 6 celdas (47 Wh) 3 horas de duración

Fuente: Autoría

Una vez analizadas las posibles plataformas en las cuales el sistema podría ser desarrolla y cumplir con la primera etapa del mismo. La implementación para el desarrollo fue la combinación de Kinect y Raspberry Pi 2, por lo que se procedió a realizar el montaje del software dentro del procesador ARM de Raspberry, debido a que es un ordenador de placa reducida no se puede usar un sistema un sistema operativo convencional para CPUs x86/64.

Se utiliza un sistema operativo adaptado para la placa; en concreto Linux Raspbian Wheezy. Las librerías más importantes que hay en la actualidad para Kinect son: OpenNI, OpenKinect, NITE y el SDK de Kinect. Las dos primeras ofrecen soporte para Linux Debian para ordenadores ADMR, sin embargo, la librería NITE y el SDK de Kinect del Libfreenect no son compatibles con este tipo de ordenador, por lo que se descarta la utilización de la placa Raspberry Pi 2.

La siguiente combinación probada fue Kinect + ordenador portátil. Hp G4 viene con el sistema Operativo Windows 7 preinstalado por defecto, sin embargo, se lo ha precargado con el Sistema Operativo Ubuntu para cumplir con los requerimientos del sistema y manejar software libre.

Una vez más se precede a las instalación de las librerías de Kinect dentro de Ubuntu y cumpliendo con la finalización de la primera fase, permitiendo al sensor al sensor ser reconocido por el ordenador para ello es necesario proporcionar la alimentación y la conexión correcta entre el sensor Kinect y el equipo de procesamiento para los cual se debe utilizar un adaptador que nos proporcione la corriente y el voltaje necesario para el funcionamiento esta conexión se puede apreciar en la Tabla 19, una vez conectado e instalado correctamente los controladores necesario para que el sistema reconozca nuestro dispositivo el led de color verde que tiene Kinect empezara a parpadear, la información adicional de la instalación se detalla en el ANEXO 1, y su diagrama esquemático lo podemos encontrar en la Figura 25

Tabla 19: Conexión del Sensor Kinect con Raspberry

Sensor Kinect	Adaptador	Ordenador
		
<b>Conexión del adaptador a la corriente eléctrica</b>	<b>Conexión del adaptador con el Sensor Kinect</b>	<b>Conexión al ordenador</b>
		

Fuente: Autoría

#### 3.6.4.2. *Etapa 2: Captura de Imagen y profundidad*

En esta etapa los elementos internos del sensor que fueron activados en la etapa anterior, tanto la cámara RGB como el transmisor y receptor infrarrojo empiezan a funcionar logrando así

capturar imágenes y enviarlas hacia el ordenador para poder ser visualizadas y procesadas, su función principal es adquirir y almacenar los datos del sujeto de análisis, sean imágenes a color (RGB) o imágenes de profundidad. Para esto es necesario de implementar un Software de Desarrollo como processing que sirva de interface entre el Kinect y el Ordenador portátil logrando visualizar exitosamente los movimientos de la persona, en la Figura 27 podemos ver el proceso que sigue Kinect para activar sus sensores.

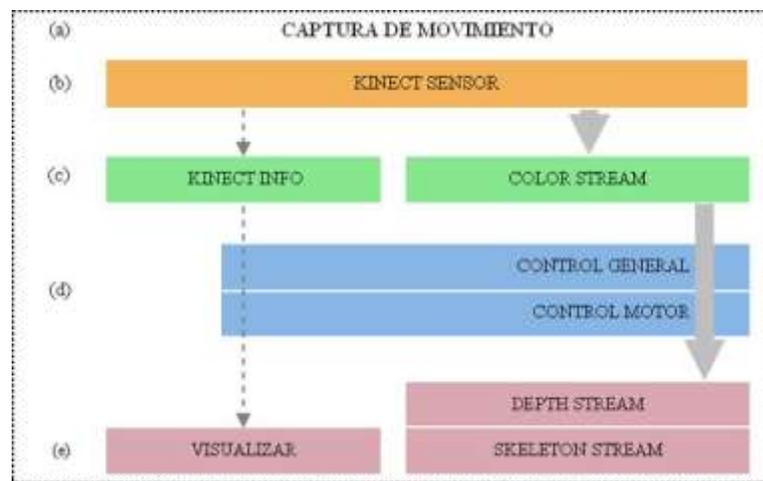


Figura 27: Diagrama de bloques general de la interfaz principal del sistema  
Fuente: (Guaraca, 2013)

Este Diagrama nos muestra la estructura de funcionamiento y los niveles que debe pasar para que el sensor Kinect empiece a enviar la información gráfica que captura, a continuación, se citan la descripción de cada uno de los niveles en la Figura 28, se muestra en el funcionamiento de los sensores RGB y profundidad.

- El nivel (a) es considerado el usuario, la referencia de captura del sensor denominada como captura de movimiento

- El nivel (b) se encarga de la inicialización y encendido del sensor. Por defecto se inicia los datos del proceso Color Stream (Cámara RGB),
- En el nivel (c) se muestra el estado del hardware del dispositivo. KINECT INFO entrega información sobre la identificación de conexión del puerto USB al que está conectado, y la reafirma la inicialización de COLOR STREAM
- El nivel (d) indica las clases que el sistema empezara a compilar como son: Las clases de Control Motor y Control General permiten manipular el ángulo de elevación del motor y encender o detener el dispositivo.
- Los procesos de (e) facilitan al usuario manejar los datos generados por los sensores infrarrojos y la cámara crear imágenes en profundidad (Depth Stream) y esquematización de cuerpo (Skeleton Stream).

Una vez finalizado este proceso se puede obtener un resultado como en la Figura 28 en donde se puede observar la capturas de imágenes processing tanto en imagen en profundidad a) como imagen RGB b) , la información adicional de instalación de processing se puede apreciar en el ANEXO 2.



Figura 28: Sensor de Profundidad a) y Prueba Cámara RGB b)  
Fuente: Autoría

### **3.6.4.3. Etapa 3: Esquemmatización del cuerpo**

La esquematización o esqueletización permite la obtención de la posición y representación en el espacio de cada articulación de la persona. Kinect permite crear hasta 20 puntos de referencia en el cuerpo humano, logrando así graficar completamente a la persona y conseguir el seguimiento de los movimientos que realice dentro del área en el que el dispositivo pueda reconocer.

La esqueletización se puede dividir en 20 puntos denominados “Joints” que determinan cada articulación del cuerpo como se ve en la Figura 29, dividiéndolo en dos sectores, sector superior y sector inferior. El sector superior captura la posición de los diez puntos superiores del esqueleto (hombros, codos, muñeca, manos y cabeza) mientras que el sector inferior se encarga de la caracterización del resto de puntos inferiores del cuerpo (cadera, piernas, rodillas, talones, tobillos).

Para la captura de todos los puntos, el usuario debe estar frente al dispositivo para ser reconocido, en cambio, si el usuario está sentado se debe realizar algún movimiento para iniciar el seguimiento.



Figura 29: Prueba Esquemización  
Fuente: Autoría

#### 3.6.4.4. *Etapa 4: Captura y Procesamiento de Datos*

En esta etapa el usuario es esquematizado y las articulaciones ya son puntos de referencia para determinar los ángulos que nos permitan detectar que posición adopta la persona. Los valores adquiridos no son totalmente exactos ya que estos sujetos a un margen de error por tratarse de capturas en tiempo real logrando así estimadores de posición. Los datos que se escanearon serán almacenados en un archivo .txt y analizados estadísticamente para determinar estimados de posición.

Una vez encontrados los puntos de referencia de ubicación extraídos desde el esqueleto graficado por Kinect de acuerdo a la

Tabla 20. A continuación, se calcula los ángulos entre las articulaciones. Estos son los valores que serán almacenados para formar el archivo que luego será procesado para lograr estimadores de posición.

Tabla 20: Extremidades definidas en la aplicación

<b>Ángulo</b>	<b>Partes del cuerpo</b>
<b>Rodilla pie derecho</b>	Pie, rodilla cadera (derecha)
<b>Rodilla pie izquierdo</b>	Pie, rodilla cadera (izquierda)
<b>Interno Rodilla pie derecho</b>	Rodilla derecha, rodilla izquierda, pie derecho
<b>Interno rodilla pie izquierdo</b>	Rodilla derecha, rodilla izquierda, pie izquierdo

Fuente: Autoría

Para poder calcular los ángulos se debe tener en cuenta que cada hueso del esqueleto tiene su propio sistema de referencia, definido por el punto  $(x,y,z)$  y los vectores R, U, D. Este sistema de referencia representa la ubicación y la dirección del hueso dentro del espacio. Las librerías de esquematización Libfreenect de Kinect y software de desarrollo processing toma cada uno de los frame de la imagen y lo define como un punto p y tres ángulos  $(ax, ay, az)$  para cada hueso (Oliden, 2011). Estos ángulos se conocen como ángulos de Euler<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Ángulos de Euler: constituye un conjunto de tres coordenadas angulares que sirven para especificar la orientación de un sistema de referencia, suelen utilizarse para describir el movimiento de un paciente con respecto a un plano de referencia.

Un sistema de referencia lo componen los vectores R, U, D, que son perpendiculares entre ellos como muestra la Figura 30. Es necesario crear los vectores de cada uno de las articulaciones que servirán para nuestro sistema de referencia como lo es: la rodilla, el pie y la cadera.

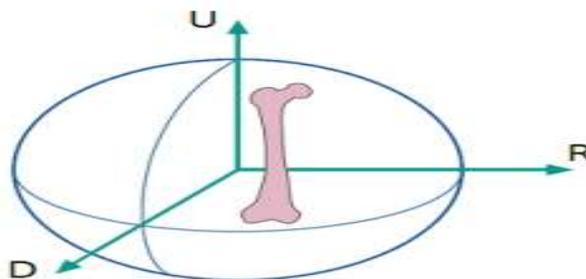


Figura 30: Sistema de Referencia del Hueso  
Fuente: (Oliden, 2011, pág. 37)

Para realizar los cálculos correctamente utilizaremos nuestras partes del cuerpo como si fueran los lados de un triángulo y cada articulación sería un eje del mismo, esto se debe realizar de manera bidimensional para que los datos sean tratados de mejor manera, ya que al poseer solo un Kinect no se puede tener nuestra captura 3D completa del cuerpo, sino solo del plano en el que el Kinect pueda observar, en la Figura 31 se puede apreciar la construcción de los triángulos y el diagrama de ángulos y lados exteriores de la rodilla que permitirán determina las posturas del individuo según su flexión.

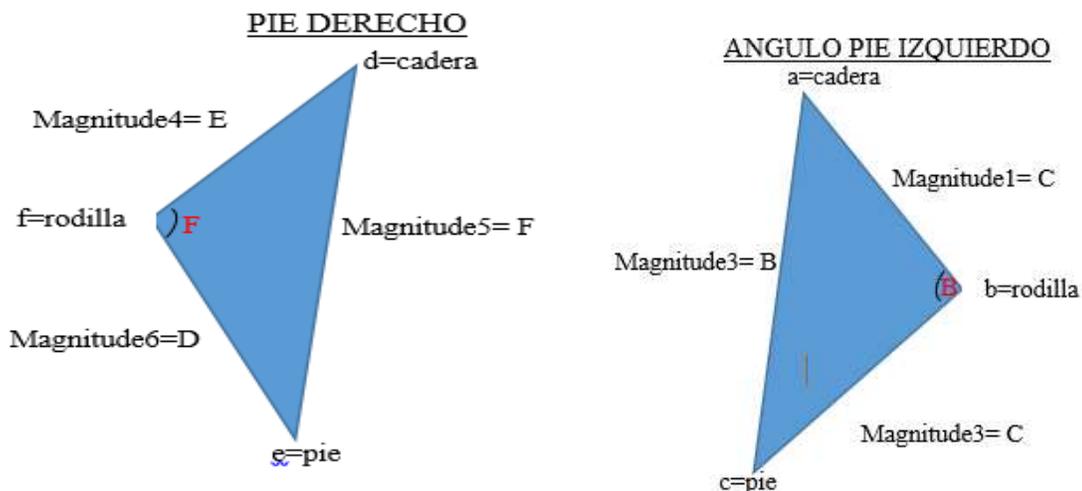


Figura 31: Ángulos Externos de la Rodilla  
Fuente: Autoría

Para determinar si el usuario a cruzado las piernas a la altura de los tobillos se usaran los ángulos internos de la rodilla que si estos son menores a  $90^\circ$  significara que las piernas están cruzadas, la esqueletización se puede apreciar en la Figura 32.

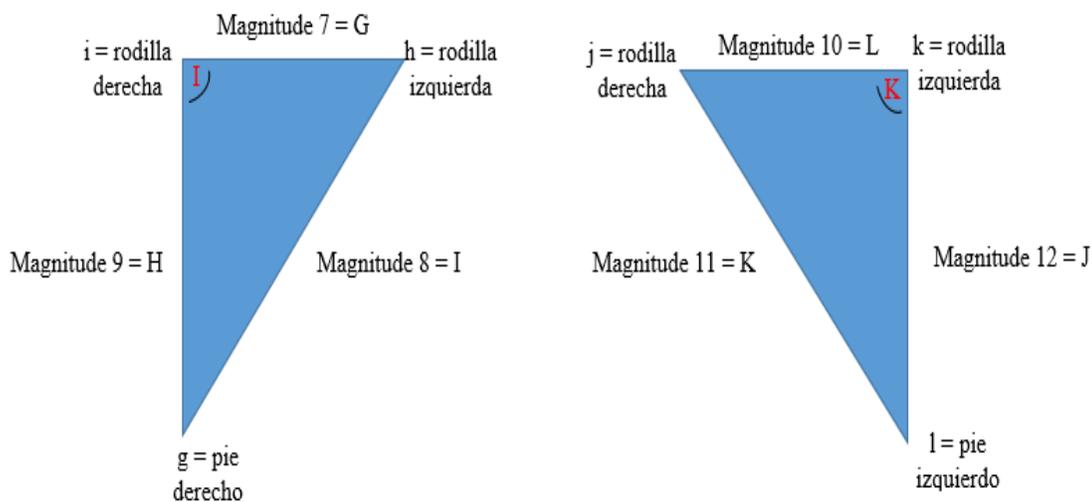


Figura 32: Diagrama cruce piernas  
Fuente: Autoría

En el siguiente apartado del documento se explicará el esquema principal del código que permitirá transformar al usuario real en un elemento digital, logrando que las extremidades sean

un conjunto de tres puntos dibujando cada una de las extremidades inferiores como se especificaron en la Figura 31 y Figura 32. Para determinar el grado de flexión de la pierna tomaremos la rodilla como el vértice del ángulo que forma el vector de la cadera y rodilla junto al vector formado entre rodilla y pie, teniendo pie y cadera como vértices de un tercer lado para unir los dos ejes y formar el triángulo, la creación de los vectores se puede apreciar en la Figura 33.

```
PVector cadera = new PVector();
PVector rodilla = new PVector();
PVector pie = new PVector();
kinect.getJointPositionSkeleton(userId, SimpleOpenNI.SKEL_LEFT_KNEE, rodilla);
kinect.getJointPositionSkeleton(userId, SimpleOpenNI.SKEL_LEFT_HIP, cadera);
kinect.getJointPositionSkeleton(userId, SimpleOpenNI.SKEL_LEFT_FOOT, pie);
```

Figura 33: Composición de Vectores  
Fuente: Autoría

Los datos obtenidos están en un sistema de coordenadas en tres dimensiones, para lo cual necesitamos obtener la distancia entre cada punto las cuales llamaremos magnitud 1 , magnitud 2, magnitud 3 como se ve en la Figura 34.

```
PVector differenceVector1 = PVector.sub(cadera, rodilla);
PVector differenceVector2 = PVector.sub(pie, rodilla);
PVector differenceVector3 = PVector.sub(cadera, pie);

float magnitud1 = differenceVector1.mag();
float magnitud2 = differenceVector2.mag();
float magnitud3 = differenceVector3.mag();
```

Figura 34: Magnitud de cada vector  
Fuente: Autoría

Para evitar que las distancia varíen de acuerdo a la cercanía del individuo al Kinect, estas deben ser normalizadas como se ve en la Figura 35.

```

differenceVector1.normalize();
differenceVector2.normalize();
differenceVector3.normalize();

```

Figura 35: Normalización del Vector  
Fuente: Autoría

Una vez calculada y normalizada la distancia entre los puntos de referencia es posible crear un triángulo entre las partes del cuerpo, esto nos servirá para calcular el ángulo de flexión de la de cada una de las piernas en este caso se ha usado la ley de cosenos para el cálculo del mismo como se ve en la Figura 36.

```

float a = magnitudel/10;
float b = magnitud2/10;
float c = magnitud3/10;
//el angulo que se busca es B, formado entre los vectores cadera rodilla y rodilla pie usando ley de cosenos
B = (( (c*c) - (b*b) - (a*a) ) / ( -2 * ( b*a) ) );

```

Figura 36:Ángulo de Flexión de la pierna  
Fuente: Autoría

Una vez determinado el ángulo de flexión procedemos a pasar el resultado de gradianes a grados para que sea más fácil trabajar con él y que el usuario lo entienda mejor al mostrárselo por pantalla el proceso se ve en la Figura 37.

```

float anguloB = ( acos(B) * (180/PI) ); // transformacion de radianes a grados
 textSize (14);
 fill( 222,36,36 );
 text("angulo B: " + anguloB, 50, 300);

```

Figura 37:Transformacion de gradianes a grados  
Fuete: Autoría

Con este proceso se puede apreciar el resultado del cálculo del ángulo de flexión de la pierna tanto derecha como izquierda como se ve en la Figura 38.

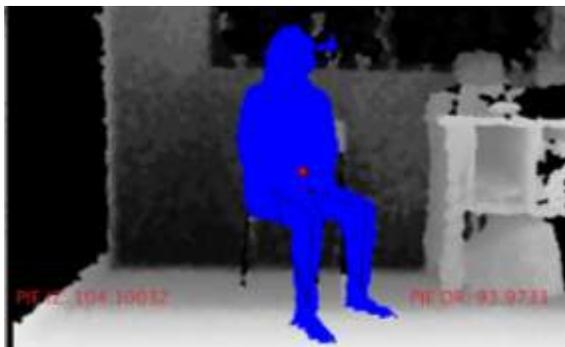


Figura 38: Vista de Pantalla  
Fuente: Autoría

En la Figura 39 el cálculo de las distancias de cada uno de los lados del triángulo y de los ángulos de flexión de cada una de las piernas

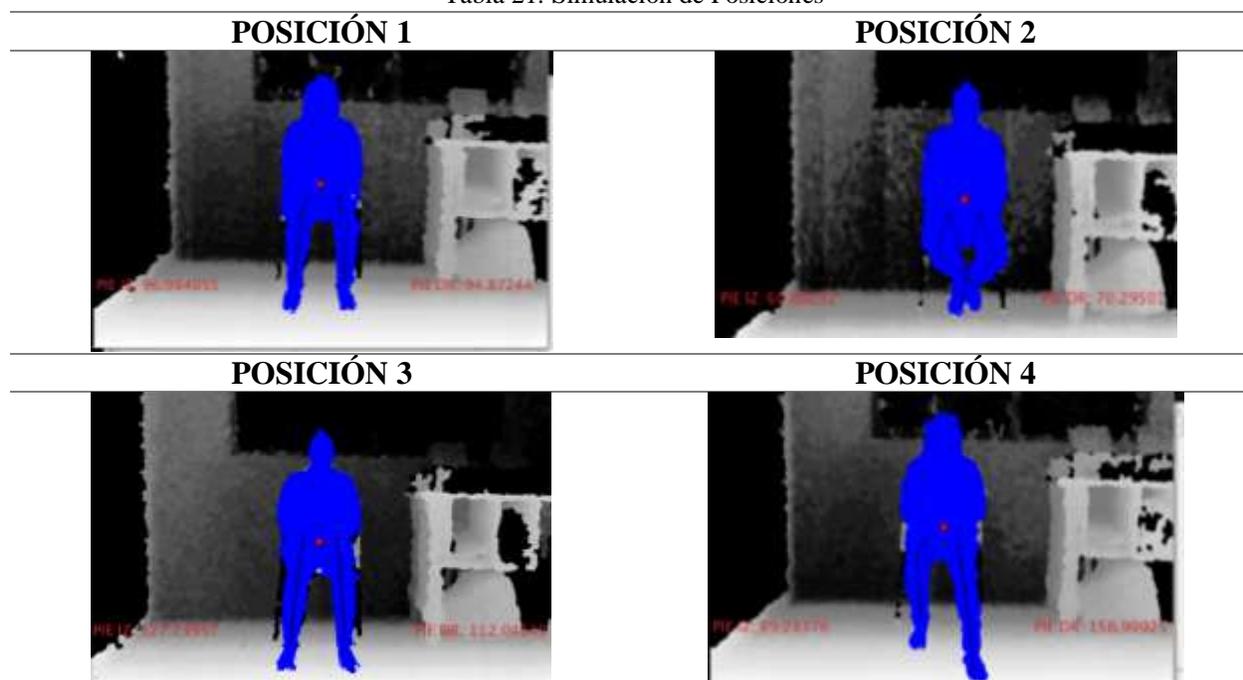


Figura 39: Muestra en Pantalla Ángulos y Magnitudes  
Fuente: Autoría

Para determinar los ángulos de cada postura o posición definida en el análisis, se procese a realizar las simulaciones de las posiciones con sujetos de prueba para obtener datos de entrenamiento para el Sistema, de esta forma se definen los valores y desviaciones permitidas en cada parte del cuerpo como se puede apreciar en Tabla 21. (El código completo para todo el sistema se encuentra en el

ANEXO ).

Tabla 21: Simulación de Posiciones



Fuente: Autoría

Luego de realizar la simulación de cada una de las posiciones en base al análisis realizado previamente en la sección 3.3 del documento se obtuvo la medición de los ángulos y su variación esta expuestas a continuación en la Tabla 22.

Tabla 22: Datos Generados por el Sistema

DATOS GENERADOS	RANGOS			
	Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4
<b>Angulo Rodilla Izquierda</b>	85° - 120°	<=85°	120° -180°	0 – 180
<b>Angulo Rodilla Izquierda</b>	85° - 120°	<=85°	120° -180 °	0 -180
<b>Cruce de piernas</b>	SI / NO	SI / NO	NO	NO

Fuente: Autoría

### 3.6.5. Diagrama de Flujo

En el siguiente diagrama expresado en la Figura 40 se puede apreciar la secuencia que sigue Kinect para lograr esquematizar el cuerpo humano calculando los ángulos necesarios para determinar las distintas posturas establecidas anteriormente.

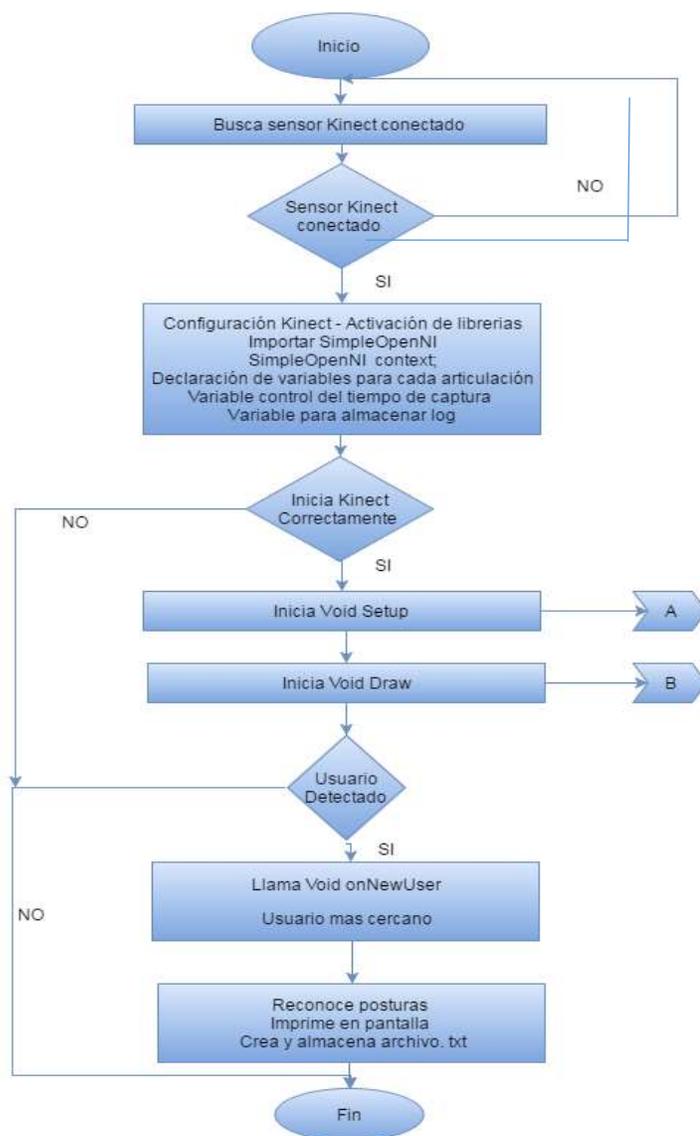


Figura 40: Flujo General del Programa

Fuente: Autoría

Un proceso fundamental para el desarrollo del proyecto es el correcto funcionamiento del sensor Kinect una vez instalado y conectado adecuadamente este podrá ser utilizado, con la construcción del diagrama se puede apreciar que se utilizan algunas librerías, métodos, y variables que se el software de desarrollo Processing emplea para la construcción del código las cuales se citaran a continuación:

**SimpleOpenNI.\*:** Se la considera como la principal librería para el desarrollo de programas con Kinect y Processing tiene características de seguimiento (esqueleto, de reconocimiento de gestos, etc.) y esta librería contiene los denominados joins de cada una de las articulaciones del cuerpo.

**SimpleOpenNI context:** La variable context es comúnmente utilizada para poder utilizar a la librería de SimpleOpenNI como si fuese un método más del programa, es una variable lógica que contiene todas las funcionalidades de la librería.

**Variables para cada articulación:** Estas variables son declaradas de tipo float y sirven para identificar las articulaciones del cuerpo, estas están definidas por coordenadas en el plano X,Y y son esenciales para el cálculo de distancias y ángulos.

**Variables de control de tiempo:** Estas variables son declaradas de tipo int, son utilizadas para determinar el tiempo de captura de datos de la aplicación.

**Variable de almacenamiento:** esta es una variable que permite la creación de un archivo de tipo texto plano en el cual se almacenaran todos los datos que el sistema puede recoger de la captura y

censo de Kinect.

**context.enableDepth():** Es una función que permite la activación de la cámara de profundidad mostrando en pantalla 32 fotogramas por segundo.

**context.enableRGB():** Es una función propia de la librería OpenNI que permite la utilización de la cámara RGB de Kinect el cual nos dará una resolución en 3 colores rojo, azul, verde mostrando 32 fotogramas por segundo.

**context.enableUser(SimpleOpenNI.SKEL\_PROFILE\_ALL):** Es una función que permite la utilización de las extremidades del cuerpo como objetos de la librería, para poder ser utilizados como variables para realización de cálculos, deben ser llamados cada uno de los objetos por separado para su utilización.

**Void setup:** Es la clase principal de ejecución del programa en la cual se controlará todos los procesos pertenecientes al programa, como el tamaño de la ventana de la aplicación 640x480 para que coincida con la resolución de Kinect, la asignación de variables para el reconocimiento del sensor de profundidad y el sensor RGB los procesos de este método se detallan en la Figura 41 como un sub proceso del flujo principal.



Figura 41: Procesos de clase Void Setup  
Fuente: Autoría

**Void Draw ():** Dentro del programa el bucle principal estará definido en la función draw(), la cual se ejecutará con cada refresco de pantalla, logrando: Actualizar la imagen que recibimos de Kinect, Realizado un actualización de la pantalla volviendo a representar la nueva imagen obtenida de Kinect, mostrar los datos necesarios referentes a los ángulos a los costados de la de la imagen, en la Figura 42 se detallan los procesos y métodos que se ejecutan en su interior.

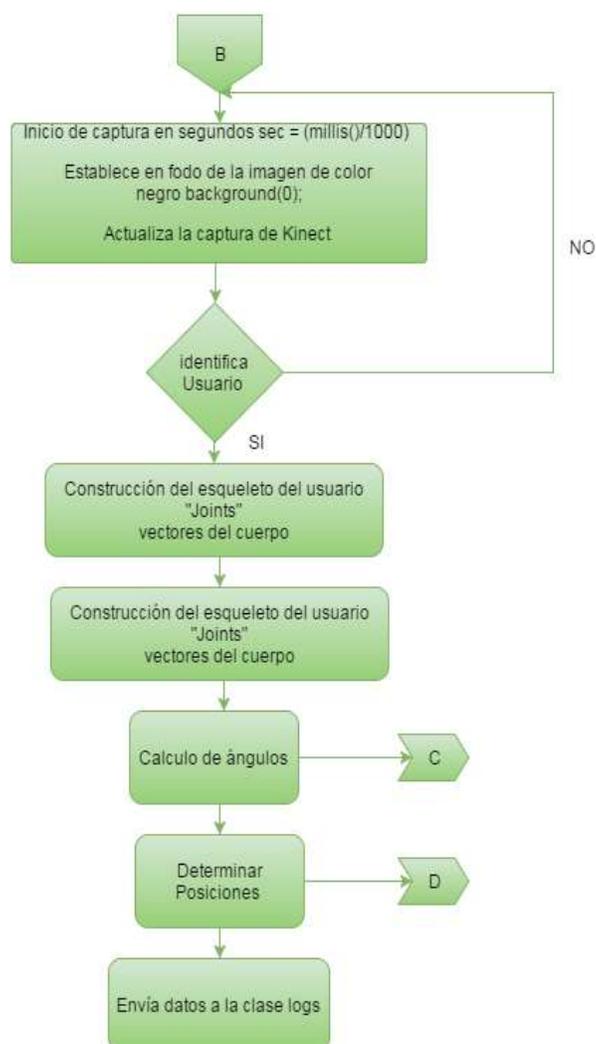


Figura 42:Proceso Void Drawn

Fuente: Autoría

Para el cálculo de los ángulos de flexión formado en la rodilla derecha como izquierda se considera un subproceso dentro de la clase Void Drawn el cual tiene una secuencia de pasos como se muestra en la Figura 43

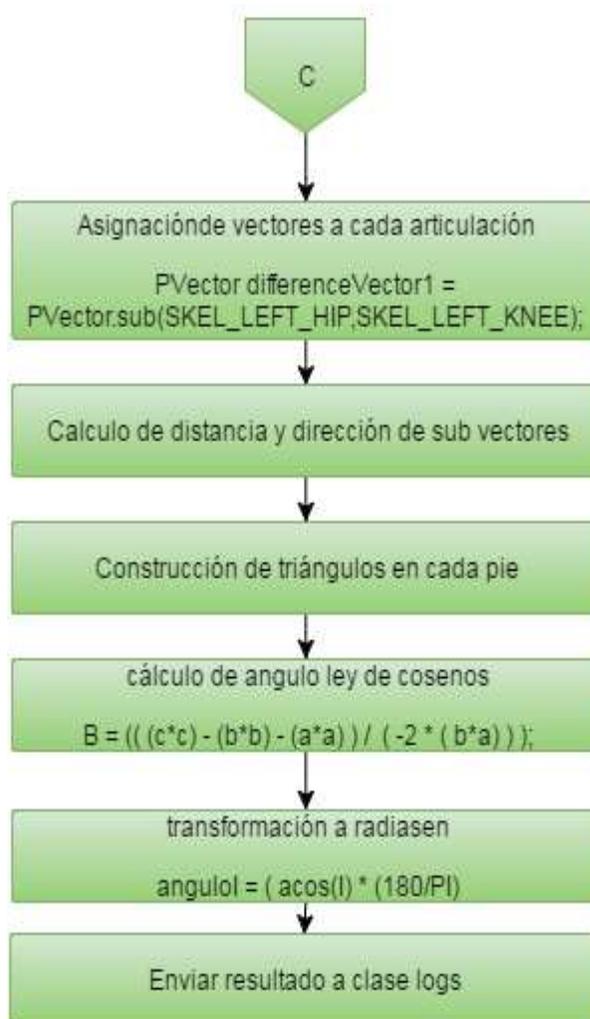


Figura 43: Cálculo de Ángulos  
Fuente: Autoría

Una vez calculado el ángulo de flexión de las piernas y realizada la esquematización del cuerpo humano en la pantalla podremos observar tanto la captura RGB como la de profundidad las extremidades conjuntamente con la esquematización de las articulaciones se mostrarán de color negro y se podrá observar por pantalla los resultados.

El siguiente paso es determinar las diferentes posturas definidas por el cálculo de ángulos previo y según el análisis de posturas realizado logrando 4 posiciones, la ejecución de este subproceso de la clase void draw se detalla a continuación en la Figura 44

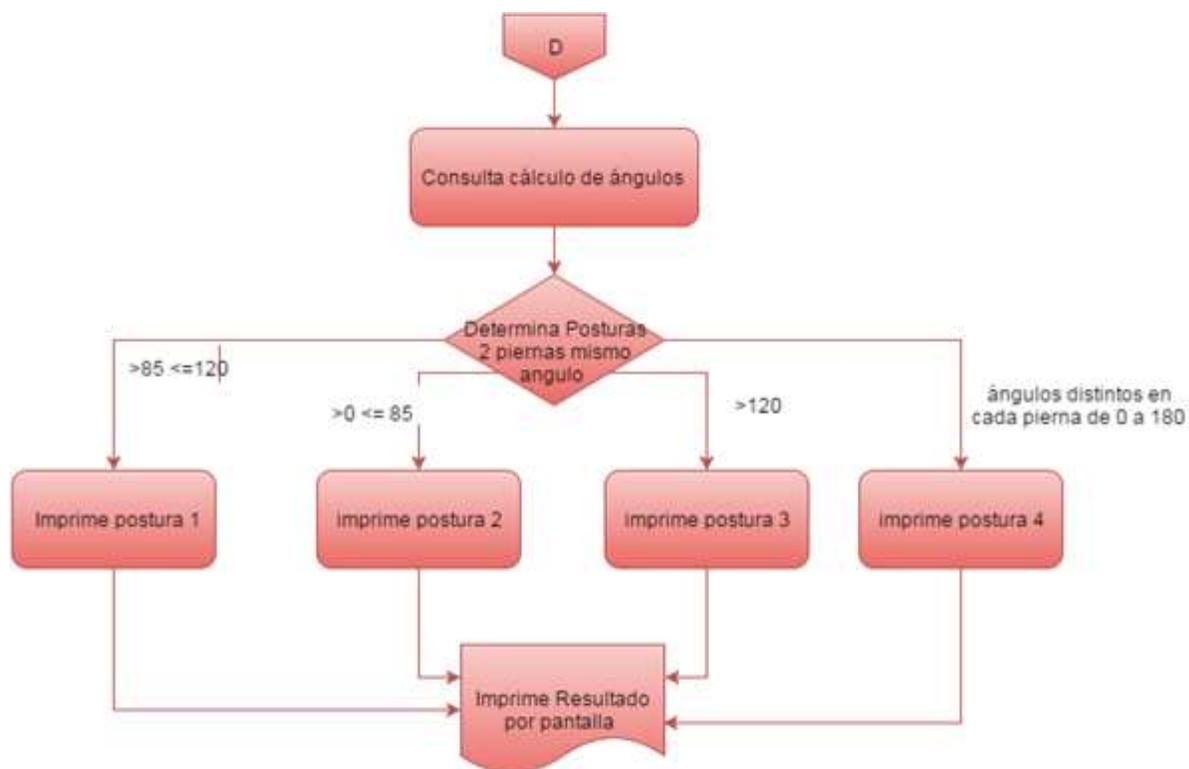


Figura 44: Determinar Posturas  
Fuente: Autoría

Por último, la clase `PrintWriter` o llamada `logs` es una clase especial de `Processing` que utilizaremos para crear el archivo de log en el que recoger las incidencias que se vayan produciendo cuando haya algún sujeto en observación logrando crear los archivos en texto plano `.txt` para luego ser exportados. El log por su parte, seguirá una estructura bastante simple y fácil de interpretar para su posterior procesado. En él, especificaremos lo siguiente: tiempo en segundos desde el inicio de la captura, valor del ángulo de flexión de la rodilla izquierda, valor del ángulo de flexión de la rodilla derecha, identificador 1 o 0 de cruce o no cruce de piernas el programa enviara 8 datos por segunda para representar completamente el transcurso de los datos.

## CAPÍTULO 4

### PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS

En este capítulo se realizarán pruebas de funcionamiento del software y hardware, del proyecto, se mostrará los resultados obtenidos en el estudio y cuáles fueron las novedades y problemas en su realización, entre las pruebas que se realizará, está la ubicación del sensor de movimiento tanto con obstáculos y sin ellos para determinar cuál es la mejor opción para aumentar el grado de confiabilidad del sistema, se realizará sensados en el cual varié la iluminación natural y artificial para determinar la influencia de este factor en la obtención de datos, como prueba final se someterá a un seguimiento a 10 personas, durante 2 minutos por usuario, consiguiendo monitorear las posturas adoptadas por ellos en diversas actividades. Se detallarán las conclusiones y recomendaciones que se llegaron a conocer luego de la realización y estudio del sistema de monitoreo corporal.

#### **4.1. Pruebas de ubicación del sensor**

Para determinar la condición óptima de funcionamiento del sistema se inició por evaluar la colocación del sensor Kinect, para ello se tuvo que mover manualmente logrando tomas desde diferentes perspectivas, las capturas que se realizaron fueron: frontal, lateral y diagonal, para ellas se hizo uso del mobiliario tanto de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) y de la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte colocando el sensor a una altura de ochenta centímetros desde piso con una separación de dos metros entre el Kinect y el individuo, el estudiante está viendo directamente logrando una toma completa del cuerpo, a continuación, se citan los problemas y resultados que obtuvieron en las diversas pruebas.

##### **4.1.1. Captura Frontal**

La captura frontal hace referencia a la ubicación del sensor Kinect delante del usuario de tal manera que este sea captado completamente, para ello es de suma importancia que los objetos como muebles y equipos tecnológicos no obstaculicen la captura como se muestra en la Figura 45.

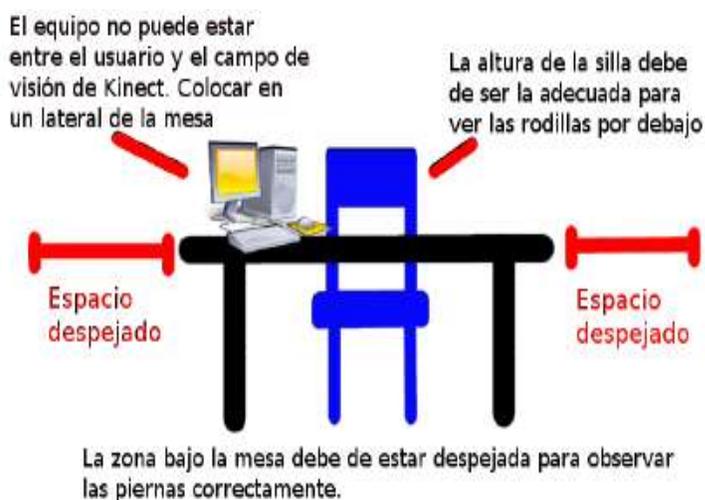


Figura 45: Diagrama de entorno de trabajo vista frontal  
Fuente: (Sanchez , 2015)

Para esta prueba el sensor se lo ubicó dentro de un aula de la Facultad de Ciencias Aplicadas delante del usuario logrando una captura completa del cuerpo, los problemas encontrados fueron errores de captura ya que la mesa de la clase obstaculiza la visión de las extremidades inferiores (rodillas) impidiendo que el triángulo se forme y a su vez el cálculo del ángulo sea erróneo o nulo, en la Figura 46 se muestra una toma con Kinect para poder apreciar los resultados.

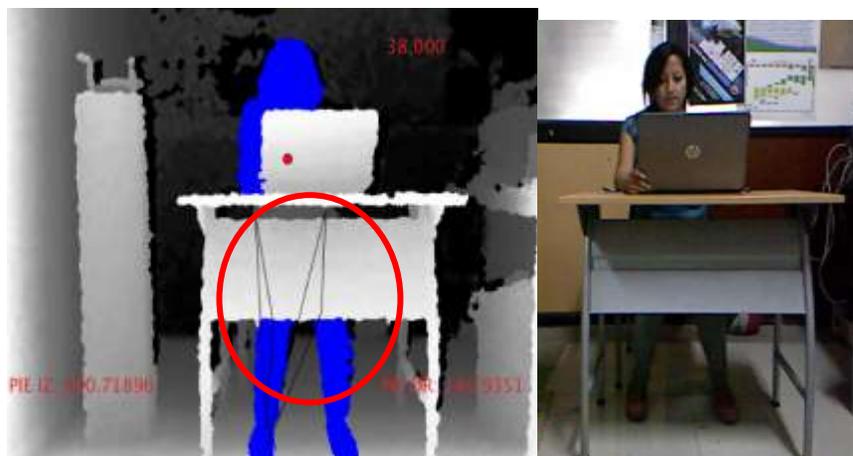


Figura 46: Vista Frontal FICA  
Fuente: Autoría

Se realizó la misma prueba en la misma locación, pero eliminando el objeto que ocasiona error es decir la mesa, en estas condiciones se puede apreciar una captura completa del individuo y los datos que arroja el sensor son correctos en la simulación de cada una de las posiciones en la Figura 47 se puede apreciar al estudiante escaneado correctamente sin el obstáculo.



Figura 47: Vista Frontal FICA sin obstáculo  
Fuente: Autoría

A continuación, se realizó las tomas de manera frontal en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte en el cual se encuentra un mobiliario óptimo para la captura del cuerpo completo del estudiante debido a que no obstaculiza la vista de las extremidades inferiores permitiendo que el cálculo del ángulo se realice de forma correcta y a su vez poder determinar la postura en que el estudiante se encuentra en la Figura 48 se puede apreciar la toma realizada a través de Kinect.



Figura 48: Vista Frontal Biblioteca  
Fuente: Autoría

#### 4.1.2. Captura Lateral

La captura lateral hace referencia a la ubicación del sensor Kinect a lado izquierdo del usuario de tal manera que su perfil sea capturado completamente, para ello es de suma importancia que los objetos como muebles y equipos tecnológicos no obstaculicen la captura como se muestra en la Figura 49.

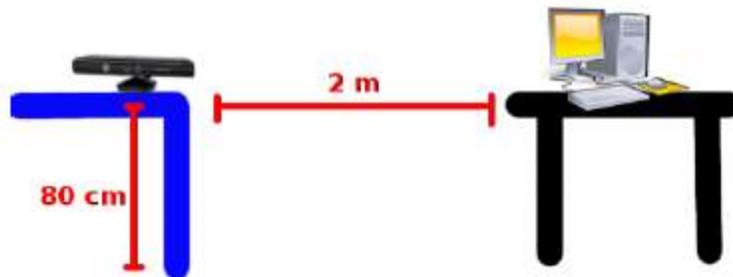


Figura 49: Diagrama de entorno de trabajo vista lateral  
Fuente: Autoría

Para esta prueba el sensor se lo ubicó dentro de un aula de la Facultad de Ciencias Aplicadas a lado izquierdo del usuario logrando una captura lateral completa del cuerpo, los problemas encontrados fueron que los ángulo interno de las rodillas que ayudan a determinar si el usuario cruza o no las piernas arrojan lecturas erróneas o nulas, además, de que la pierna derecha no puede ser captada por la cámara emitiendo datos erróneos por los tanto los ángulos que se aprecia en la pantalla no corresponde a la postura que adopta el estudiante , en la Figura 50 se muestra una toma con Kinect para poder apreciar los resultados.



Figura 50: Vista Lateral FICA  
Fuente: Autoría

Se realizó la misma prueba en la misma locación, pero eliminando el objeto que ocasiona error es decir la mesa, en estas condiciones se puede apreciar una captura completa del individuo y los datos que arroja el sensor son correctos en la simulación de cada una de las posiciones en la se puede apreciar al estudiante escaneado correctamente sin el obstáculo como se aprecia en la Figura 51.



Figura 51: Vista lateral FICA sin Obstáculo  
Fuente: Autoría

A continuación, se realizó las tomas de manera lateral del lado izquierdo del estudiante dentro de la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte en el cual se encuentra otro tipo de mobiliario que facilita la captura, sin embargo, el sensado que se pudo obtener no es óptima debido a que los ángulo interno de las rodillas que ayudan a determinar si el usuario cruza o no las piernas arrojan lecturas erróneas o nulas, además, de que la pierna derecha no puede ser captada por la cámara emitiendo datos erróneos como se aprecia en la Figura 52.



Figura 52: Vista lateral Biblioteca UTN  
Fuente: Autoría

#### 4.1.3. Captura Diagonal

La captura diagonal hace referencia a la ubicación del usuario a  $45^\circ$  aproximadamente del sensor Kinect de tal manera que sea capturado completamente, para ello es de suma importancia que los objetos como muebles y equipos tecnológicos no obstaculicen la captura como se muestra en la Figura 53.

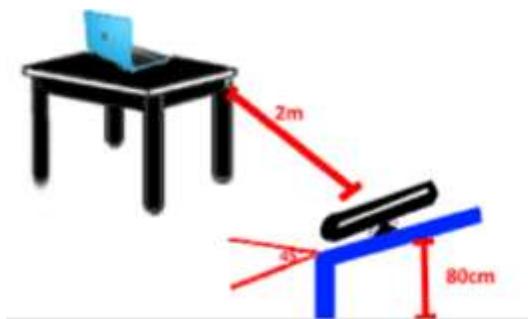


Figura 53: Diagrama de entorno de trabajo vista diagonal  
Fuente: Autoría

Para esta prueba el sensor se lo ubicó dentro de un aula de la Facultad de Ciencias Aplicadas diagonal al usuario logrando una captura tanto lateral como frontal del mismo, se logra una captura completa de las extremidades inferiores de manera ideal, logrando apreciar las posiciones adoptadas por el estudiante en diversos ángulos de flexión de la pierna además de una correcta lectura de los ángulos internos de la rodilla logrando así el objetivo de determinar las posturas del estudiante de acuerdo al análisis de la sección 3.3,

Se presentan pequeños inconvenientes en la captura de datos debido a que el sensor confunde las piernas del usuario con patas de la mesa o silla del inmobiliario, en la Figura 54 se muestra una toma con Kinect para poder apreciar los resultados.



Figura 54: Vista diagonal FICA

Fuente: Autoría

Se realizó la misma prueba en la misma locación, pero eliminando el objeto que ocasiona error es decir la mesa, en estas condiciones se puede apreciar una captura completa del individuo y los datos que arroja el sensor son correctos en la simulación de cada una de las posiciones en la se puede apreciar al estudiante escaneado correctamente sin el obstáculo como se aprecia en la Figura 55 .



Figura 55: Vista Diagonal FICA sin obstáculos  
Fuete: Autoría

A continuación, se realizó las tomas de manera diagonal al usuario logrando una captura tanto lateral como frontal del estudiante esta se realizó dentro de la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte en el cual se encuentra otro tipo de mobiliario que facilita la captura del sensor, logrando apreciar las posiciones adoptadas por el estudiante en diversos ángulos de flexión de la pierna además de una correcta lectura de los ángulos internos de la rodilla logrando así el objetivo de determinar las posturas del estudiante, en la Figura 56 se muestra una toma con Kinect para poder apreciar los resultados.



Figura 56: Captura diagonal en Biblioteca de la UTN  
Fuente: Autoría

#### 4.2. Análisis de Pruebas de ubicación

Una vez realizadas las pruebas de ubicación del sensor tanto en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) con obstáculos y sin ellos y en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte se puede apreciar en la Tabla 23 el resultado de si fue efectivo o no la captura con Kinect estimando un porcentaje de precisión en las diversas perspectivas planteadas para el reconocimiento de las posturas por parte del Sistema de Monitoreo.

Tabla 23: Resultados del Reconocimiento de Posturas tras el Análisis de selección de Posición del Sensor Kinect

Locación			Postura 1	Postura 2	Postura 3	Postura 4	CRUCE
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIENCIAS APLICADAS CON OBSTACULOS</b>	<b>DE</b>	Frontal	10%	10%	10%	10%	10%
	<b>EN</b>	Lateral	20%	20%	10%	10%	10%
		Diagonal	25%	25%	20%	20%	20%
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIENCIAS APLICADAS SIN OBSTACULOS</b>	<b>DE</b>	Frontal	90%	90%	90%	90%	90%
	<b>EN</b>	Lateral	90%	90%	90%	90%	80%
		Diagonal	85%	85%	85%	85%	85%
<b>BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE</b>	<b>LA</b>	Frontal	85%	85%	75%	85%	85%
		Lateral	85%	85%	85%	85%	20%
		Diagonal	85%	85%	85%	85%	50%

Fuente: Autoría

Como resultado de las pruebas realizadas se pudo obtener que el sensor Kinect es muy sensible al movimiento y que cualquier obstáculo que se interponga entre este y el Usuario alterara los datos obtenidos, por lo tanto, el mobiliario de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas causo muchos inconvenientes para realizar buenas capturas por lo que se descartan las tomas para esta locación ya que arrojaban datos imprecisos dando como resultado promedio del 20% de eficiencia en esta locación, al realizar las pruebas sin obstáculos se pudo apreciar que el grado de exactitud del sistema de monitoreo corporal es sumamente elevado asignando como un 90% de

precisión ya que pudo reconocer las diferentes posturas en todas las perspectivas que se lo colocó al sensor.

En lo que tiene que ver con la Biblioteca de la Universidad se obtuvieron mejor resultados ya que el mobiliario de esta locación no afectaba en gran medida a las capturas realizadas por el sensor, por lo cual las tomas frontal y diagonal fueron aptas para lograr que el sistema de monitoreo captase las posturas correctamente logrando un promedio de exactitud del 85%, sin embargo, la toma lateral resultó un fracaso ya que arrojó muchos datos erróneos con apenas el 60% de capturas aceptables.

### **4.3. Pruebas con alteración de iluminación**

Se capturó información con el Kinect en diversas circunstancias en la que la luz afecte la lectura del mismo, esta prueba se realizó en la Facultad de Ingeniería en Ciencia Aplicadas FICA sin obstáculos ya este escenario es la mejor forma de apreciar si la luz es un factor importante para el sistema, y así determinar si la iluminación natural y los elementos reflectantes como el piso, espejos, o ropa clara provocan que la captura de profundidad y distribución de píxeles de Kinect en la esquematización del cuerpo sean alterados, para ellos se realizaron tres pruebas en la cual, primero se optó por realizar una toma con luz natural elevada, con luz artificial en una aula estándar y con luz artificial nula logrando que el sensor sea afectado directamente por este factor y la representación gráfica dependa de la cantidad de reflexión en el ambiente.

#### **4.3.1. Prueba con iluminación elevada**

Esta prueba fue realizada con luz natural elevada e impactando directamente sobre una superficie reflejante ocasionando que esta se redirija contra el sensor probando que las tomas de datos se alteren, en la Figura 57 se puede apreciar como los Joints no pueden ser captados y la

esquematación del cuerpo no se puede realizar, por lo tanto, el cálculo de ángulos y determinación de posturas es totalmente erróneo.



Figura 57: Prueba con iluminación elevada  
Fuente: Autoría

#### 4.3.2. Pruebas iluminación baja

En esta prueba se decidió apagar todas las luces del salón, lo que ocasionó que Kinect al tener activada su función de Sensor IR detecta todos los puntos de referencia en el cuerpo consiguiendo esquematizar al usuario y de esta manera, revela las de posiciones y el cálculo de ángulos correctamente, en la Figura 58 se puede apreciar una toma de la pantalla en estas circunstancias.



Figura 58: Prueba de captura de datos con iluminación baja  
Fuente: Autoría

### 4.3.3. Pruebas con iluminación en aula de clase estándar

Para esta prueba se realizó captura de datos en un salón de clases en el cual la luminaria artificial estaba encendida y la luz natural no podía ingresar ayudando a que el Sensor Kinect no se vea afectado por la reflexión de la luz, logrando la detección de posturas y cálculo de ángulos de manera ideal, en la Figura 59 se puede apreciar la toma correcta de datos y muestra en pantalla de los mismos.



Figura 59: Prueba de captura de datos con iluminación estándar

Fuente: Autoría

### 4.3.4. Análisis de la prueba de alteración de iluminación

Una vez realizadas las pruebas de alteración de iluminación dentro de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) sin obstáculos se puede apreciar en las Tabla 24, Tabla 23 el resultado de la captura con Kinect en las diversas perspectivas planteadas para el reconocimiento de las posturas por parte del Sistema de Monitoreo.

Tabla 24: Resultados del Reconocimiento de Posturas tras alteración de iluminación

Locación			Postura 1	Postura 2	Postura 3	Postura 4
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIENCIAS APLICADAS SIN OBSTACULOS</b>	<b>DE</b>	Iluminación				
	<b>EN</b>	Natural	50%	45%	50%	50%
		Elevada				
		Iluminación				
		Estándar	90%	90%	90%	90%
		Iluminación				
		Artificial	85%	85%	85%	85%
		Nula				

Fuente: Autoría

Como resultado de las pruebas realizadas se pudo obtener que el sensor Kinect es muy sensible a la luz natural y los objetos reflejantes que incidan directamente contra el sensor alteraran los datos obtenidos bajando la eficiencia de sus capturas hasta por debajo del 50% de efectividad, sin embargo, al realizar las pruebas con luz estándar de un aula de clases en condiciones normales sin la presencia del sol en el ambiente se logra capturar de excelente manera las posturas del usuario, además, al realizar la prueba con luz artificial nula y con poca luz natural se logra que las capturas se realicen de mejor manera gracias a que Kinect posee el sensor infrarrojo que ayuda en este proceso logrando una nivel de efectividad del 85% y 90%.

#### 4.4. Resultados experimentales

Luego de realizar las pruebas previstas anteriormente consiguiendo así la información necesaria para establecer un escenario ideal para la ejecución del sistema, se sometió a un seguimiento a 10 personas diferentes, durante 2 minutos por usuario, consiguiendo una serie de resultados. En este tiempo se realizó dos pruebas, la primera denominada como “estudiante juega” en la cual al usuarios se les otorgó una Tablet (tableta digital) o celular en donde se encuentra instalado el juego Geometry Dash, llamado el juego imposible, que le obliga a tener un alto grado de concentración como se observa en la Figura 60, otra circunstancia a ser evaluada es en la prueba denomina como

“estudiante lee” en la cual se le facilita un documento para que este lo leyera durante el mismo tiempo que la prueba anterior, como se observa en la Figura 61.

Tras realizar los seguimientos de cada uno de los estudiantes se generan diferentes archivos de log (.txt), con los datos encontrados se realiza el análisis de la postura adoptada de acuerdo a la actividad según los ángulos de flexión de sus piernas, estos datos se encuentra almacenados en un repositorio digital para ser descargados y analizados en cualquier momento, se los puede encontrar en ([https://www.dropbox.com/sh/rf64704znbwfaqng/AAAIqPXot09o\\_uf-h29PWp51a?dl=0](https://www.dropbox.com/sh/rf64704znbwfaqng/AAAIqPXot09o_uf-h29PWp51a?dl=0)), el programa subirá el archivo de texto plano una vez que se termine las capturas deseadas, este proceso se puede realizar manualmente o de manera automática mediante la sincronización del computador con la plataforma dropbox.



Figura 60: Monitoreo de prueba denominada como  
Fuente: Autoría



Figura 61: Monitoreo de la prueba denominada Estudiante lee  
Fuente: Autoría

Luego de generar la captura y recolección de datos se quiere observar cual es la posición que los estudiantes adoptaron con mayor frecuencia al realizar las diferentes actividades por lo que se ha determinado una postura promedio dentro de sus dos minutos de monitoreo generando los siguientes resultados en cada una de las actividades en las diferentes localidades, para una mayor precisión de los datos y efectividad del programa dentro de la facultad de ingeniería en ciencias aplicada las capturas se realizaron si obstáculos como se muestra en la Figura 60 y Figura 61 .

Las pruebas fueron totalmente objetivas para buscar los mejores resultados de la investigación, el tiempo de prueba considerado como dos minutos se debe a que una persona necesita tan solo este periodo para adoptar una postura cómoda para iniciar una actividad, ya que una posición ergonómica se visualiza al comienzo de la misma como lo indica los estudios de (Soto, 2014), además aporta que la en una posición sedente no varía en largos periodos de tiempo sino al empezar una acción.

#### **4.4.1. Resultado de las pruebas denomina estudiante juega**

Se sometió a un seguimiento a 10 personas diferentes, durante 2 minutos por usuario, consiguiendo una serie de resultados. Durante ese tiempo a los usuarios se les otorgó una Tablet (tableta digital) o celular en el cual se encuentra instalado un juego que le obliga a tener un alto grado de concentración ya que consiste en jugar el nivel uno y superarlo dentro del tiempo establecido, en la Tabla 25 se observa el resumen de la recolección de datos la cual contiene la posición que ha adoptado el usuario la mayor parte del tiempo durante la captura y cuantos segundos se mantuvo en esta.

Tabla 25: Resumen de la recolección de datos de la prueba estudiante juega

ESTUDIANTE	POSICION MAS FRECUENTE QUE ADOPTA EL ESTUDIANTE AL REALIZAR LA ACTIVIDAD	TIEMPO EN SEGUNDOS QUE PERMANECE EN LA POSICION CON MAYOR FRECUENCIA
USUARIO 1	1	99 segundos
USUARIO 2	1	65 segundos
USUARIO 3	1	52 segundos
USUARIO 4	3	53 segundos
USUARIO 5 M	2	49 segundos
USUARIO 6 M	1	43 segundos
USUARIO 7	4	43 segundos
USUARIO 8	1	54 segundos
USUARIO 9	1	57 segundos
USUARIO 10 M	4	54 segundos

Fuente: Autoría

En la Figura 62 se muestra el porcentaje que los estudiantes analizados mantuvieron según en las diferentes posturas mientras realizaban la prueba.

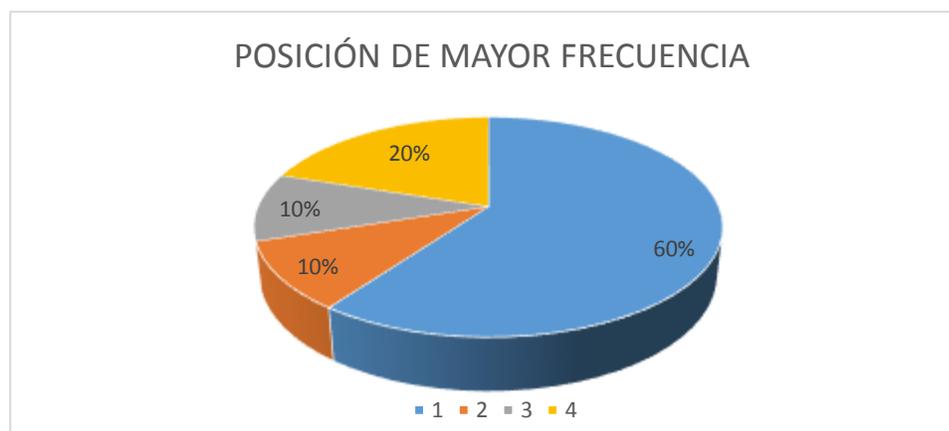


Figura 62: Porcentaje por postura tras el análisis de los resultados de la prueba

Fuente: Autoría

Con estos resultados se puede concluir que la postura en la que permanecen los estudiantes con mayor frecuencia tras realizar una actividad en la cual necesita un alto nivel de concentración es la Postura 1, y que la Postura 3 considerada como posición de relajación no es adquirida para esta actividad. En esta prueba se pudieron apreciar que los usuarios mantuvieron su postura desde el inicio hasta el final de la misma con movimientos muy leves, pero dentro del rango de

consideración para la posición 1, en el ANEXO se muestra una explicación de cómo está compuesto el juego de concertación que se utilizó para la ejecución de la prueba.

#### 4.4.2. Resultado de las pruebas denomina como estudiante lee

Para el análisis de esta prueba se sometió a un seguimiento a 10 personas diferentes, durante 2 minutos por usuario, consiguiendo una serie de resultados. Durante ese tiempo a los usuarios se les otorgó un libro para que lo leyeran y adoptara la posición en la cual él se sintiera más cómodo, en la Tabla 26 se observa el resumen de la recolección de datos la cual contiene el promedio de los ángulos capturados tanto de la pierna izquierda como derecha, además de la postura promedio adoptada durante la captura.

Tabla 26: Resume de la recolección de datos tras la prueba denominada estudiante lee

ESTUDIANTE	POSICION MAS FRECUENTE QUE ADOPTA EL ESTUDIANTE AL REALIZAR LA ACTIVIDAD	TIEMPO EN SEGUNDOS QUE PERMANECE EN LA POSICION CON MAYOR FRECUENCIA
USUARIO 1	3	82 segundos
USUARIO 2	1	59 segundos
USUARIO 3	4	53 segundos
USUARIO 4	3	53 segundos
USUARIO 5 M	4	41 segundos
USUARIO 6 M	2	55 segundos
USUARIO 7	3	55 segundos
USUARIO 8	3	58 segundos
USUARIO 9	2	58 segundos
USUARIO 10 M	1	101 segundos

Fuente: Autoría

En la Figura 63 se muestra el porcentaje en que los estudiantes adoptan con mayor frecuencia para realizar esta actividad.

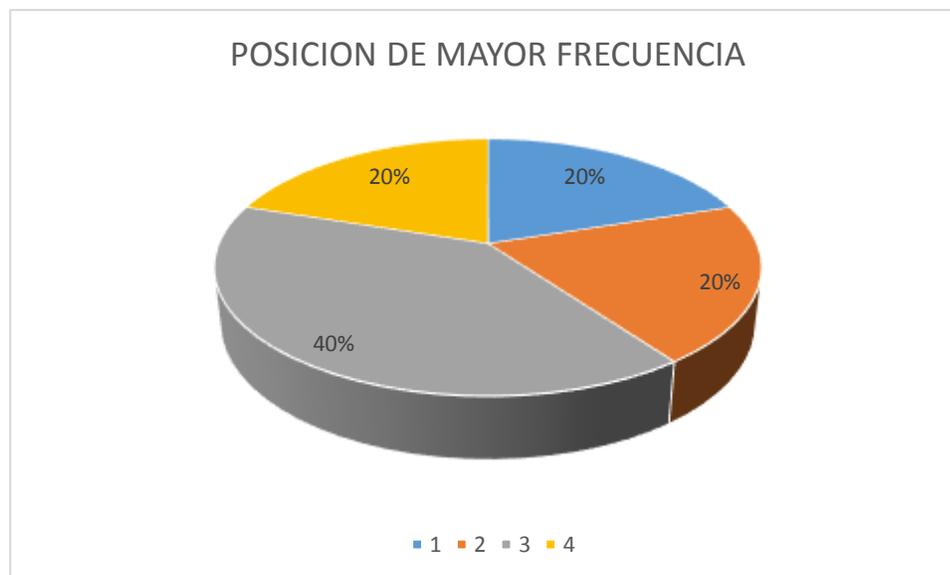


Figura 63: Porcentaje por postura tras el análisis de los resultados de la prueba  
Fuente: Autoría

Con estos resultados se puede concluir que no existe una postura marcada en todos los usuarios por lo con lo que cada persona elige su posición más cómoda para ella al momento de leer sin embargo existe una ligera mayoría que escoge la postura 3 como la predominante.

#### 4.4.3. Resultado de las pruebas en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte

Se sometió a un seguimiento a 10 personas diferentes, durante 2 minutos por usuario, consiguiendo una serie de resultados. Esta prueba se la denomina Estudiante en Biblioteca y consiste en captar las posturas que adopte cada uno de ellos durante ese tiempo mientras siguen realizando sus actividades normales como navegar por internet en la cual no exija un alto nivel de concentración, pero tampoco le cause aburrimiento, en la se puede apreciar cómo se realizaron la captura de los datos dentro de esta locación y con el mobiliario de la misma como se muestra en la Figura 64.



Figura 64: Pruebas en Biblioteca  
Fuente: Autoría

En la Tabla 27 se observa el resumen de la recolección de datos, la cual contiene la posición más frecuente que adopta el estudiante mientras realiza sus actividades normales dentro de la biblioteca universitaria y el tiempo que permanece en dicha posición durante la captura.

Tabla 27: Resume de la recolección de datos tras la prueba denominada estudiante en la biblioteca

<b>ESTUDIANTE</b>	<b>POSICION MAS FRECUENTE QUE ADOPTA EL ESTUDIANTE AL REALIZAR LA ACTIVIDAD</b>	<b>TIEMPO EN SEGUNDOS QUE PERMANECE EN LA POSICION CON MAYOR FRECUENCIA</b>
USUARIO 1 H	1	49 segundos
USUARIO 2 H	1	71 segundos
USUARIO 3 H	1	53 segundos
USUARIO 4 H	1	100 segundos
USUARIO 5 M	2	69 segundos
USUARIO 6 M	2	52 segundos
USUARIO 7 H	2	52 segundos
USUARIO 8 H	2	58 segundos
USUARIO 9 H	1	67 segundos
USUARIO 10 M	2	43 segundos

Fuente: Autoría

En la Figura 65 se muestra el porcentaje de estudiantes analizados según la postura adopta en esta situación.

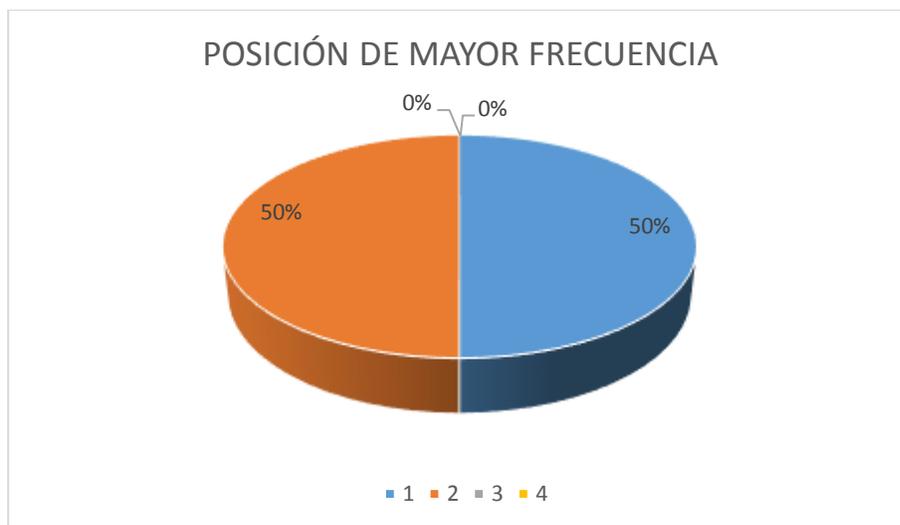


Figura 65: Porcentaje por postura tras el análisis de los resultados de la prueba estudiante en biblioteca  
Fuente: Autoría

Con estos resultados se puede apreciar que la postura 1 y postura 2 se consideran como las más predominantes ya que en estas circunstancias la mesa provoca que el estudiante permanezca más tiempo en estas posturas, sin embargo, se puede apreciar que la diferencia entre las dos piernas no es mucha, considerando que el estudiante realiza este movimiento para estar más cómodo y buscar apoyo de su cuerpo en las extremidades inferiores pero conservando sus dos piernas con el mismo ángulo de flexión .

#### **4.4.4. Análisis de las Pruebas “Estudiante Lee”, “Estudiante Juega” y “Estudiante en la Biblioteca”**

En la Tabla 28 se observa el análisis según el tiempo de permanecía en una postura con mayor frecuencia, indicando que X determina si el Usuario a adoptado una posición por más de la mitad del tiempo de la captura, el O indica que el usuario no adoptado una posición por más de la

mitad del tiempo de la captura, logrando como resultado que existen usuarios que prevalecen en una posición por mayor tiempo indistintamente de la actividad que realice.

Tabla 28: permanencia en una posición durante más de la mitad del tiempo de la prueba

ESTUDIANTE	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3
USUARIO 1 H	X	X	O
USUARIO 2 H	X	X	X
USUARIO 3 H	O	O	O
USUARIO 4 H	O	O	X
USUARIO 5 M	O	O	X
USUARIO 6 M	O	X	O
USUARIO 7 H	O	X	O
USUARIO 8 H	X	X	X
USUARIO 9 H	X	X	X
USUARIO 10 M	O	X	O

**X** – PERMANECE MAS DE LA MITAD DEL TIEMPO DE LA CAPTURA  
EN UNA MISMA POSICION DURANTE LA ACTIVIDAD

**O**- PERMANECE MENOS DE LA MITAD DEL TIEMPO DE LA CAPTURA  
EN UNA MISMA POSICION DURANTE LA ACTIVIDAD

Fuente: Autoría

Un dato curioso que se pudo encontrar, es que, mientras que los usuarios son más conscientes de sus errores e intentaban corregir sus posturas tanto en espalda como en cuello, las piernas son puntos en los cuales inconscientemente solían permanecer inmóviles sin ninguna variación por largos periodos de tiempo, acciones que podrían dar como resultando molestias en las articulaciones.

Se ha encontrado que los usuarios que permaneces en una posición rígida en las tres pruebas coinciden con la información recopilada en el ANEXO en el que nos indica que usuarios muestran molestias en las articulaciones inferiores.

#### 4.4.5. Resultado de pruebas en tiempo prolongado

La prueba denominada tiempo prolongado se desarrolló en el transcurso de ocho meses el cual consiste en utilizar dos usuarios un hombre y una mujer para exponerlos a pruebas en un ambiente controlado con las mismas variables y en el mismo escenario con la finalidad de verificar si existían alguna variación en su postura corporal sedente durante el periodo de prueba, las variables a considerarse se encuentran en la Tabla 29.

Tabla 29: Variables de la Prueba

<b>Variables</b>	<b>Descripción</b>
<b>Luz</b>	Luz estándar ninguna modificación a las condiciones que proporcione el escenario (Aula FICA)
<b>Mobiliario</b>	Bancas de la Facultad de Ingeniería en Ciencia Aplicadas, no se usarán las mesas
<b>Hora del día</b>	Horario matutino de 8:00 a 12:00
<b>Estado de Animo</b>	Se le pregunta al usuario como define su estado de ánimo en ese momento
<b>Obstáculos</b>	No se considerar la utilización de objetos que interfieran en la captura entre el usuario y el sensor Kinect (mesas, sillas, objetos reflectantes, etc.) que complica la recolección de datos

Fuente: Autoría

Se desarrolló desde el 26 de febrero del 2016 hasta el 30 de septiembre del 2016 acuerdo al cronograma de pruebas establecido en el ANEXO 6 el cual indica una pruebas por mes, esta consiste en una toma de datos de 5 minutos en posición sedente de las pruebas “estudiante lee” y “estudiante juega” antes mencionadas, la colocación del Kinect será de manera frontal al usuario a una distancia de dos metros, con una altura de un ochenta centímetros del piso, como se aprecia en la Figura 66, para realizar la prueba se estableció un manual de procedimiento que se lo puede apreciar en el ANEXO .

El tiempo establecido para la prueba se considera 5 minutos (300 segundos) tiempo más que suficiente para poder captar el comportamiento inicial de una persona al momento de adoptar una posición, ya que en este lapso es donde el afirma la posición en la cual considera mayor confort.

La prueba se emplea de tal manera que sea totalmente objetivas y cumpla con las variables establecidas en la Tabla 29 para obtener los mejores resultados de la investigación, al igual que pruebas anteriores el tiempo de monitoreo es corto ya que se evalúa el comportamiento inicial al realizar una actividad determinada.

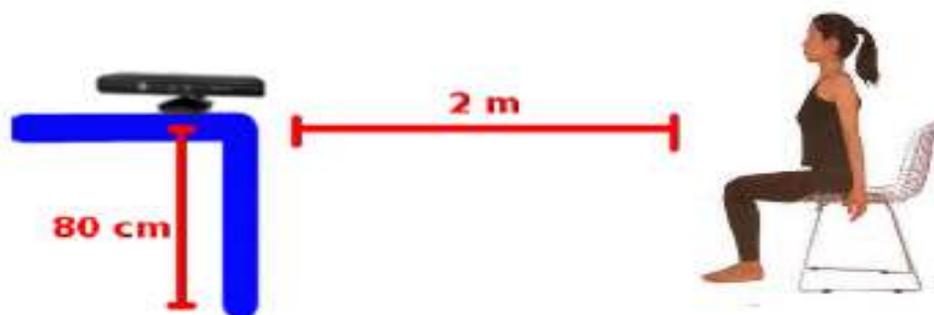


Figura 66:Diagrama Visual de la Prueba  
Fuente: Autoría

Esta prueba tiene la finalidad de observar si la posición de sus extremidades inferior tiene alguna relación con el estado de ánimo del individuo, la Tabla 30 muestra los resultados de la prueba con la posición con mayor frecuencia según la fecha en la que se realizó la captura y el sentimiento que el usuario supo describir en su ficha de evaluación en el ANEXO 8.

Tabla 30:Resumen de resultado de la prueba denominada tiempo prolongado

FECHA	POSICIÓN CON MAYOR FRECUENCIA					
	USUARIO 1			USUARIO 2		
	Estado de animo	Estudiante Juega	Estudiante Lee	Estado De Animo	Estudiante Juega	Estudiante Lee
25 DE MARZO	FELIZ	1	3	FELIZ	1	3
29 DE ABRIL	FELIZ	1	2	FELIZ	1	1
27 DE MAYO	PREOCUPADO	1	2	PREOCUPADO	1	3
24 DE JUNIO	ENOJADO	1	1	ENOJADO	4	4
29 DE JULIO	ENOJADO	2	3	ENOJADO	1	4
26 DE AGOSTO	FELIZ	3	2	FELIZ	2	1
30 DE SEP	FELIZ	3	3	FELIZ	3	3

Fuente: Autoría

En la Figura 67 y Figura 68 se puede apreciar gráficamente como transcurrieron los meses en el eje horizontal del grafico desde el mes de marzo hasta el mes septiembre, en su eje vertical la postura que se adopta con mayor frecuencia por parte del estudiante, la etiqueta de la figura nos muestra el tiempo en segundos que permanece en la posición con mayor frecuencia mientras realiza la prueba “Estudiante Lee” para el Usuario 1 y Usuario 2.

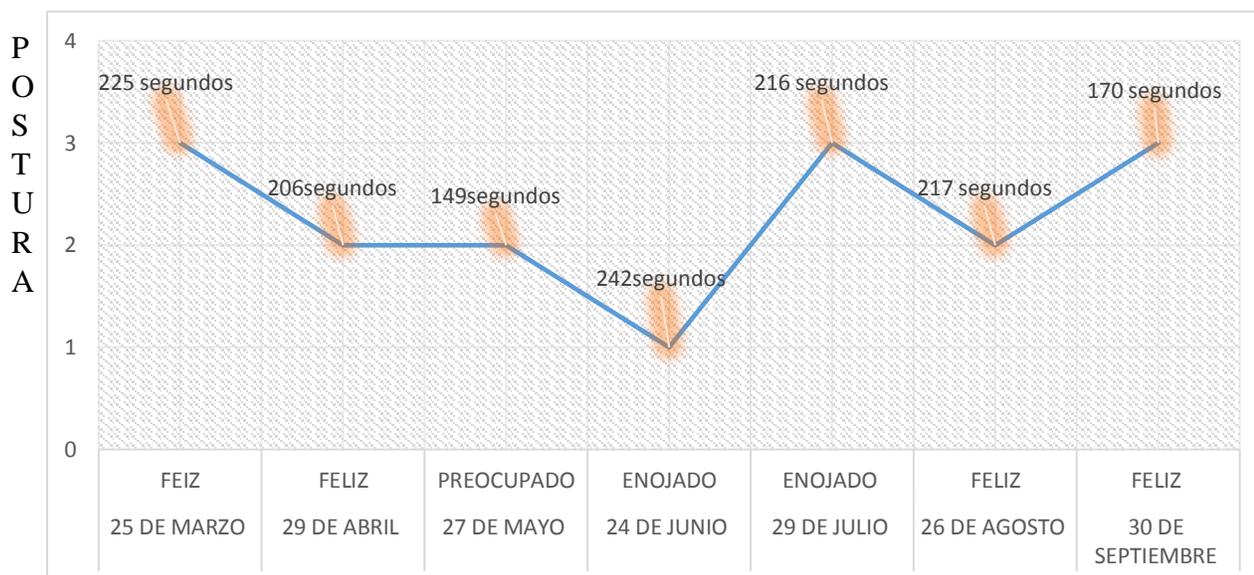


Figura 67: Usuario 1 - Prueba Estudiante Lee  
Fuente: Autoría

EL Usuario 1 en la Prueba “Estudiante Lee” tiene como tendencia permanece en la misma posición sin realizar ningún movimiento indistintamente del mes con un total de 203 segundos lo que indica que sus movimientos no son exagerados y permanece estático en una sola postura más de la mitad del tiempo de la captura, cabe mencionar que las posturas que adoptan son distintas en cada monitorización que se realizó, la postura 2 fue la que se adoptó mayormente con 3 capturas de 7 realizadas.



Figura 68: Usuario2-Prueba Estudiante Lee  
Fuente: Autoría

EL Usuario 2 en la Prueba “Estudiante Lee” tiene como tendencia permanece en la misma posición sin realizar ningún movimiento indistintamente del mes con un total de 188 segundos los que indica que sus movimientos no son exagerados y permaneces estático en una sola postura más de la mitad del tiempo de la captura de la prueba, cabe mencionar que las posturas que adoptan son distintas en cada una monitorización que realizo el sistema y no tiene una postura marca para este tipo de actividad.

En la Figura 69 y Figura 70 se puede apreciar gráficamente como transcurrieron los meses en el eje horizontal del grafico desde el mes de marzo hasta el mes septiembre, en su eje vertical la postura que se adopta con mayor frecuencia por parte del estudiante, la etiqueta de la figura nos muestra el tiempo en segundos que permanece en la posición con mayor frecuencia mientras realiza la prueba “Estudiante Juega” para el Usuario 1 y Usuario 2.

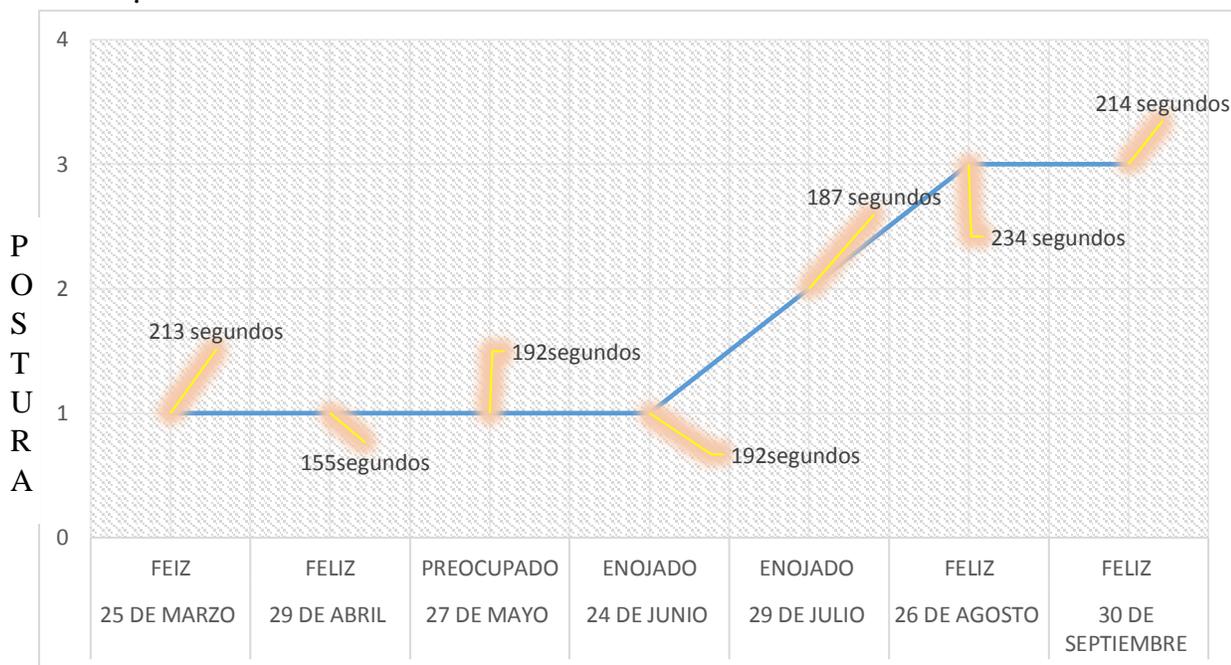


Figura 69: Usuario1-Prueba Estudiante Juega  
Fuente: Autoría

EL Usuario1 en la Prueba “Estudiante Juega” tiene como tendencia permanece en la misma posición sin realizar ningún movimiento indistintamente del mes con un total de 198 segundos los que indica que sus movimientos no son exagerados y permaneces estático en una sola postura más de la mitad del tiempo de la captura, cabe mencionar que las posturas que adoptan son distintas en cada monitorización que se realizó, la postura 1 fue la que se adoptó mayormente con 4 capturas de 7 realizadas.

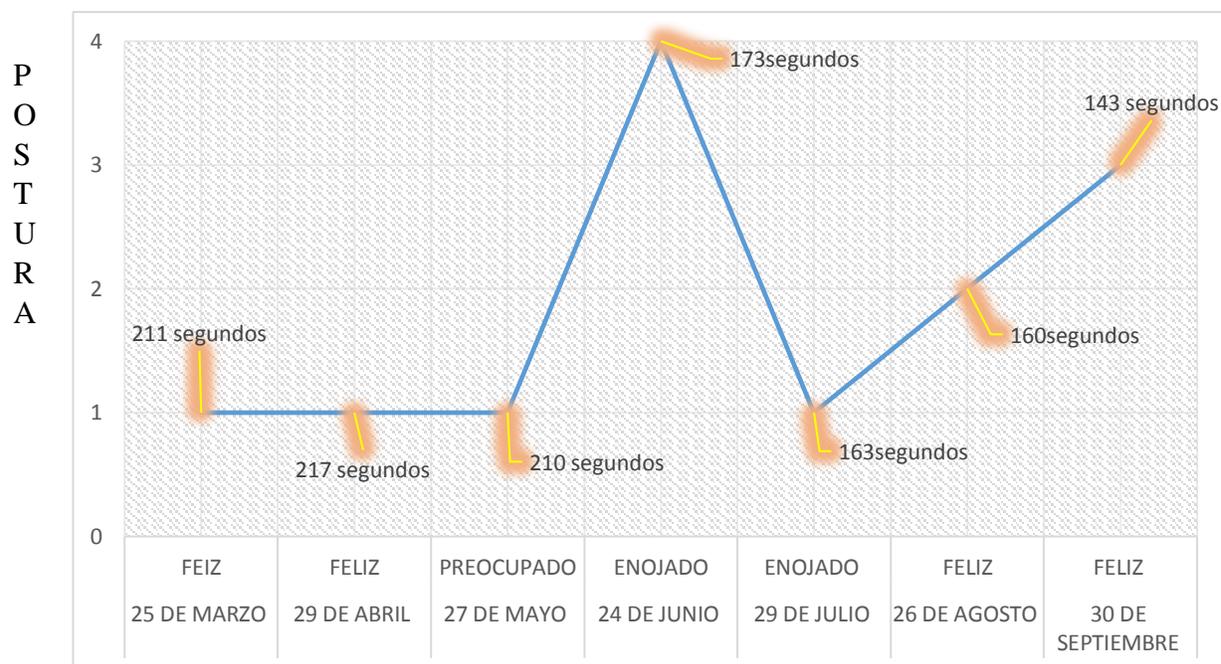


Figura 70: Usuario2-Prueba Estudiante Juega

Fuente: Autoría

EL Usuario 2 en la Prueba “Estudiante Juega” tiene como tendencia permanece en la misma posición sin realizar ningún movimiento indistintamente del mes con un total de 182 segundos los que indica que sus movimientos no son exagerados y permaneces estático en una sola postura más de la mitad del tiempo de la captura de la prueba, cabe mencionar que las posturas que adoptan son distintas en cada una monitorización que realizo el sistema y la postura que adopta con mayor frecuencia es la 1 con 4 capturas de 7 realizadas.

#### **4.4.6. Análisis de las Prueba Tiempo Prolongado**

Para esta prueba que se realizó durante 8 meses con 7 sesiones de monitoreo se encontró que existe una variación de la postura que tomaron los usuarios en el transcurso de los meses, desde la postura uno a la cuatro independientemente del mes o de su estado emocional, lo que nos determina que los movimientos de las extremidades inferiores son impredecibles y las personas no tienen conciencia de su movimiento.

Al igual que en la prueba anteriores los resultados obtenidos muestran que no existe una postura totalmente marcada o dependiente que indique ciertas cualidades o características del usuario como nivel de concentración o habilidad para realizar la actividad.

Sin importar que tan monótona sea la actividad que se realice, la flexión de las piernas será variante, permanecerá durante el transcurso de la prueba en una posición hasta que exista un impulso físico (cansancio) o psicológico (aburrimiento) que provoque una alteración del movimiento.

## CONCLUSIONES

- Se logró desarrollar un sistema del monitoreo de movimiento corporal de las extremidades inferiores con una eficiencia del 85% de acuerdo al resultado de las pruebas realizadas durante la investigación, logrando 4 posiciones delimitadas de acuerdo al rango de flexión de las piernas y formulación de ángulos.
- Se determinó que la postura que adopta el estudiante varía de acuerdo a la actividad que este realice a pesar de que sea repetitiva.
- La información obtenida no pudo demostrar al 100% que una postura indique que una persona se encuentre concentrada, pero se ha detectado que en un 60% de personas usan la posición 1 para realizar actividades que necesiten un alto grado de actividad mental como el jugar o atender en clase.
- El sistema permite analizar personas sin tener contacto sobre ellos consiguiendo captar datos de un objeto no digital como es el movimiento corporal y formar parte de un pilar fundamental para el IoT que están a disposición en una plataforma dropbox.
- El uso de este sistema reduce el tiempo de procesamiento de imágenes al monitorear al estudiante mientras realiza movimientos y guardar los mismos como información digital de forma automática evitando el uso de otras técnicas de análisis de movimiento corporal.
- Utilizar el reconocimiento y clasificación de posiciones por medio de cálculo de ángulos entre los segmentos de las extremidades inferiores es la forma más adecuada logrando un 85% de precisión en sus capturas.
- Los estados de ánimo no influyen en la adopción de una posición, ya que el movimiento de las piernas no es perceptible por la persona y puede realizar movimientos involuntarios alterando la postura adoptada.

## RECOMENDACIONES

- Se aconseja aislar todos los elementos que pudiesen ocasionar problemas como son: la cantidad de luz incidente, natural y artificial, la mobiliaria, los objetos reflectantes y obstáculos sobre el sensor.
- Se recomienda encontrar la posición precisa de colocar el sensor de tal manera que capture a todo el usuario evitando ocultar los puntos o Joints necesarios para construir el cuerpo humano.
- Evitar que el sensor realice capturas erróneas en las cuales se obtendría valores completamente aleatorios y sin sentido, que se deben a que el esqueleto del usuario no se pudo localizar completamente.
- Limpiar los lentes del sensor previamente antes de realizar las capturas de datos, se debe tomar en cuenta que las lentes del sensor deben estar libres de impurezas y que el ambiente cuente con las condiciones ideales para no causar que la luz u objetos interferentes causen inestabilidad en la toma de datos.
- Es aconsejable que sea esquematizado el cuerpo entero del usuario, aun y cuando únicamente realizaremos el análisis de una parte del mismo.
- Se recomienda la implementación de un segundo Kinect para monitorear el cuerpo humano desde dos perspectivas al mismo tiempo, de tal manera que los joints obtenidos tendrán mayor precisión.
- No es recomendable la utilización de miniordenadores en este tipo de estudio ya que para procesar imagen, video y gran volumen de datos se necesita gran capacidad de procesamiento característica que no cumplen estos equipos.

- Se aconseja que el usuario no tenga conocimiento previo sobre la funcionalidad del sistema, logrando así mejores resultados en las pruebas de monitoreo.
- Se debe inspeccionar las conexiones tanto del sensor como del adaptador para evitar que el sistema se desconecte abruptamente.
- Verificar que el led indicador del sensor este parpadeando de color verde como señal de que se encuentra en óptimas condiciones para realizar una captura de datos.
- Se recomienda aislar a los demás es

## BIBLIOGRAFÍA

- abhijitjana.net. (17 de Septiembre de 2011). *Abhijit's World of .NET*. Obtenido de <http://abhijitjana.net/2011/09/14/development-with-kinect-net-sdk-part-i-installation-and-development-environment-setup/>
- Accenture . (2011). El Internet de la cosas: El mundo conectado de objetos inteligentes . *Accenture*, 1 -72.
- Aguado, A. (2015). Reconocimiento de posturas mediante Kinect . *Universidad Pais Vasco*, 1 - 89.
- ANDES. (26 de 04 de 2015). *Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Sudamérica*. Obtenido de <http://www.andes.info.ec/es/noticias/inversion-publica-tecnologia-permite-ecuador-reducir-92-puntos-margen-analfabetismo-digital>
- Aparicio, E. Q. (2014). Estudio de la postura sedente. *Revista de Fisioterapia* , 1- 7 .
- Arango, R. (2014). SISTEMAS OPEN HARDWARE Y OPEN SOURCE APLICADOS. *Revista de Investigaciones - Universidad del Quindío*, 1 - 8.
- Arduino Foundations. (2016). *Arduino*. Obtenido de <http://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Arnesto, D. O. (2016). Los peligros de estar sentado mucho tiempo. *mujer con salud*, 1-5. Obtenido de <http://opcionmedica.parentesisweb.com/articulos/estar-mucho-tiempo-sentado>
- ASUS. (18 de Febrero de 2014). *asus.com*. Obtenido de <http://www.asus.com>
- B. Fabian and O. Gunther. (2007). “Distributed ons and its impact on privacy, . *IEEE International Conference*, 1223–1228.
- Bienestar Salud 180. (15 de Febrero de 2013). *Bienestar Salud*. Obtenido de <http://bienestar.salud180.com/salud-dia-dia/fotos-cambios-en-tu-cuerpo-por-estar-todo-el-dia-sentada>
- Borgia, E. (2014). The internet of things vision: Key features, applications and open issues. *Computer Communications* , 1 - 31.
- Cajas, C. A. (2014). *sistema de seguridad inteligente basado en kinect* . QUITO: ESPE.
- Carrera, M. A. (2014). Evaluación del modelo de referencia del Iot . *Repositorio digital ESPE*, 1-12 .
- CISCO. (2013). Education and the Internet of Everything. *Cisco Consulting Services and Cisco EMEAR Education Team*, 1-15.

- Cisco. (2015). *Introduccion al IoT*. Obtenido de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/IoE11/ES/index.html#2.1.1.1>
- Cooperativas Medicas de Galicia. (2010). *MANUAL DE ERGONOMIA*. Galicia - España. Obtenido de [http://www.cooperativasdegalicia.com/imagenes/programas/200502181224370.MANUAL\\_DE\\_ERGONOM%CDA.pdf](http://www.cooperativasdegalicia.com/imagenes/programas/200502181224370.MANUAL_DE_ERGONOM%CDA.pdf)
- D. Guinard, V. T. (2010). "Interacting with the soa-based internet of things: Discovery, query, selection, and on-demand provisioning of web services. *IEEE*, 223 -235.
- D. Guinard, V. T. (2010). Interacting with the soa-based internet of things: Discovery, query, selection, and on-demand provisioning of web services. *Services Computing, IEEE*, 223 - 235 .
- Department of Electrical and Electronic Engineering - University of Cagliari,. (2015). The Virtual Object the Internet of Things. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 1 -12.
- Digital Business School. (2015). Internet of Things: Tendencias de presente y futuro. *The Valley Digital Business School*, 1 -3.
- Ecuador Universitario. (20 de marzo de 2014). *Ecuador Universitario*. Obtenido de [http://ecuadoruniversitario.com/noticias\\_destacadas/las-cifras-de-la-educacion-superior-presentadas-por-la-senescyt/](http://ecuadoruniversitario.com/noticias_destacadas/las-cifras-de-la-educacion-superior-presentadas-por-la-senescyt/)
- Ecuared. (12 de Mayo de 2016). *ECUARED*. Obtenido de [http://www.ecured.cu/Circuito\\_electr%C3%B3nico](http://www.ecured.cu/Circuito_electr%C3%B3nico)
- elotrolado.net. (18 de Julio de 2015). *elotrolado.net*. Obtenido de <http://www.elotrolado.net/wiki/Kinect>
- Evans, D. (2011). The Internet of Things How the Next Evolution of the Internet. *Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG)*, 2 - 11.
- F. Miller and E. Browne, C. P. ( 2005). Springer Science+Business Media. *Incorporated*.
- Fernández, G. (24 de Marzo de 2013). *scoop.it*. Obtenido de <http://www.scoop.it/t/tecno4/p/3998846406/2013/03/24/tabla-comparativa-de-arduinos>
- frambuesapi.co. (2 de Noviembre de 2013). *frambuesapi.co*. Obtenido de <http://www.frambuesapi.co/2013/11/02/camara-raspberry-pi-en-que-se-puede-utilizar/>
- Francisco, J. (20 de diciembre de 2013). *Linux-OS.net*. Obtenido de <http://linux-os.net/tag/ordenadores-de-placa-reducida/>
- Free Software Foundation . (2 de Febrero de 2016). *GNU.org*. Obtenido de <http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html>
- Garrido, D. d. (2011). Aplicaciones de Kinect para Neurohabilitación. *eetac*, 1-67. Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/15334/memoria.pdf?sequence=1>

- González, L. M. (12 de 11 de 2009). *efisioterapia*. Obtenido de <http://www.efisioterapia.net/articulos/dolencias-laborales-molestias-causadas-largos-periodos-trabajo>
- Grupo de Desarrollo Regional del Tecnológico de Monterrey. (2009). *Las megatendencias tecnológicas actuales*. México: Grupo Coordinador de Desarrollo Regional del Tecnológico de Monterrey.
- Grupo de Soluciones Empresariales para Internet (IBSG) de Cisco. (2011). *Internet of Things*. SAN FRANCISCO, E.E.U.U.: CISCO.
- Guaraca, K. M. (2013). Análisis del movimiento humano usando sensores kinect. *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA* .
- HCI Group. (2013). Procedimiento para la captura y el análisis de datos biomecánicos de pacientes usando el sensor Kinect para Windows. *HCI*, 8.
- Herreros Penilla, M. (2015). Evaluación ergonómica en tiempo real. *Escuela Técnica Superior Ingeniería del Diseño*.
- Huston, R. L. (2008). *Principles Of Biomechanics*. New York: Taylor & Francis Group.
- I. F. Akyildiz, J. X. (2007). “A survey of mobility management in next-generation all-ip-based wireless systems. *Wireless Communications, IEEE*, 16 -28.
- IBSG de Cisco. (2010). *Oficina del Censo de EE. UU 2010*. San Francisco-EE.UU: Cisco .
- iCore. (2012). D3.1: Virtual object requirements and dependencies. *IEEE*.
- Instituto Nacional de higiene y seguridad de trabajo. (2002). *Manual de normas técnicas para el diseño ergonómico* . España.
- Instituto Nacional de Higiene y Seguridad de Trabajo. (2013). Manual de normas técnicas para el diseño ergonómico. *INSHT*, 60 -75.
- ITU. (2005). *ITU.ORG*. Obtenido de <http://www.itu.int/osg/spu/publications/internetofthings/>
- ITU. (2012). *ITU*. Obtenido de <http://www.itu.int/osg/spu/publications/internetofthings/>
- Jaffey, T. (febrero de 2014). *Eclipse, Retrieved from MQTT and CoAP, IoT Protocols*. Obtenido de [http://eclipse.org/community/eclipse\\_newsletter/2014/february/article2.php](http://eclipse.org/community/eclipse_newsletter/2014/february/article2.php)
- K. Aberer, M. H. (2007). Infrastructure for data processing in large-scale interconnected sensor networks. *IEEE*, 198–205.
- kinectfordevelopers. (1 de Marzo de 2012). *kinectfordevelopers*. Obtenido de <http://www.kinectfordevelopers.com/es/2012/03/01/diferencias-entre-kinect-xbox-360-y-kinect-for-windows/>
- La Asociación Internacional de Ergonomía, I. (2000). Definición de Ergonomía. *IEA*, 1-30.

- Liferay. (18 de Abril de 2015). *web.liferay.com*. Obtenido de <https://web.liferay.com/es/community/wiki/-/wiki/Main/Java+Studio+Creator>
- Madrona, P. G. (2011). *Expresión Corporal y educación infantil*. Madrid: Editorial Deportiva s.l.
- Martínez, A. A. (2013). Factores asociados a la postura corporal en estudiantes universitarios. *CES Movimiento y Salud.*, 1 - 8.
- megafounder. (13 de Enero de 2014). *megafounder*. Obtenido de <http://blog.megafounder.com/es/blog/open-source-entrepreneurship/>
- Melgar, E. R. (2013). *Arduino and Kinect Proyects*. e-books.
- Michele Nitti, V. P. (2015). The Virtual Object as a Major Element of the Internet of Things: a Survey. *IEEE*, 1-12.
- microsoft. (2016). *kinect for windows* . Obtenido de <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect>
- Microsoft. (2016). *www.visualstudio.com*. Obtenido de <https://www.visualstudio.com/news/vs2015-vs>
- microsoft, k. (20 de Julio de 2011). *blogs.msdn.microsoft*. Obtenido de <https://blogs.msdn.microsoft.com/esmsdn/2011/07/20/reto-kinect-usar-las-cmaras-del-sensor/>
- Miñarro, P. Á. (2010). Postura corporal y cargas raquídeas. *Universidad de Murcia* , 1 -28.
- Mondelo, P. R. (2001). *EL METODO OWAS PARA LA EVALUACION DE POSTURAS DE TRABAJO*. Obtenido de [http://www.fi.uba.ar/archivos/posgrados\\_apuntes\\_Metodo\\_OWAS.pdf](http://www.fi.uba.ar/archivos/posgrados_apuntes_Metodo_OWAS.pdf)
- Muñoz , A. (13 de arzo de 2016). Metodologías de Evaluación del Riesgo Ergonomico.
- Muñoz-Cardona, J. E., Henao-Gallo, O. A., & López-Herrera, J. F. (2013). Sistema de Rehabilitación basado el Sensor Kinect. *Instituto Tecnológico Metropolitano*, 1 - 13.
- Murrell, H. (1965). Que es ergonomia. *revistadigital inesem*, 1-3.
- Oliden, H. G. (2011). Captura de movimiento multicámara mediante hardware de bajo costo . *Proyecto desarrollado en colaboración con STT Ingeniería y Sistemas*, 1 - 50. Obtenido de <http://www.ehu.es/documents/1545039/1570316/1lhgarcia.pdf>
- OpenKinect.org. (12 de Octubre de 2015). *OpenKinect*. Obtenido de [https://openkinect.org/wiki/Getting\\_Started](https://openkinect.org/wiki/Getting_Started)
- oshwa. (15 de Enero de 2016). *oshwa*. Obtenido de <http://www.oshwa.org/definition/spanish/>
- PE, I. (2014 de Agosto de 2014). *comohacer.eu*. Obtenido de <http://comohacer.eu/comparativa-y-analisis-raspberry-pi-vs-competencia/>

- Plauska1, I. (2014). Educational Robots for Internet-of-Things Supported Collaborative Learning. *Springer International Publishing Switzerland*, 346 - 348 .
- Pons, J. L. (2008). Biomechatronic Exoskeletons. *Wearable Robots*, 358.
- raspberrypi. (2016). *raspberrypi*. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org>
- Rehabilita-T . (22 de Octubre de 2014). *Reabilita Neurodesarrollo y Fisioterapia*. Obtenido de <https://rehabilitat.wordpress.com/tag/postura-correcta-acostado/>
- Riofrio, H. S. (2014). IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE PATRONES DE MOVIMIENTO. *ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL*.
- RPG Latinoamerica. (2013). *rpgl.org*. Obtenido de [http://rpgl.org/ar/posturas\\_de\\_tratamiento](http://rpgl.org/ar/posturas_de_tratamiento)
- Sanchez , J. (2015). *Sistema de reconocimiento postural y ergonometría de bajo coste utilizando Kinect* . Sevilla España: Universidad de Sevilla .
- Santana, P. (2014). Interfaces Naturales de Usuario . *Software Guru SG*.
- Solsona, D. S. (2014). Biomecánica de la rodilla. *Nopainrun*, 1 - 5.
- Soto, A. A. (2014). NORMA BÁSICA DE ERGONOMÍA Y DE PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN . *Universidad de Almeria*, 1-90.
- Valle, D. B. (2014). IoT: Tecnologías, tendencias y usos del futuro. *UOC* , 49 - 53.
- wired. (Julio de 2011). *wired*. Obtenido de [http://www.wired.com/2011/06/mf\\_kinect/2/](http://www.wired.com/2011/06/mf_kinect/2/)
- www.kuepperscolor.de. (06 de 02 de 2009). *Kueppers teoria del color*. Obtenido de <http://web.archive.org/web/20090206193309/http://www.ipsi.fraunhofer.de/Kueppersfarbe/es/index.html>
- Zhang, L. (1 de Enero de 2013). *traumabot*. Obtenido de [http://traumabot.blogspot.com/2013\\_01\\_01\\_archive.html](http://traumabot.blogspot.com/2013_01_01_archive.html)

# ANEXOS

ANEXO 1: Manual Instalación de Kinect en el Ordenador con software libre Ubuntu

ANEXO 2: Manual de Instalación de librerías OpenNI para uso de Kinect en Processing

ANEXO 3: Código del Programa

ANEXO 4: Fichas de Observación de Análisis

ANEXO 5: Descripción del Juego usado en la prueba

ANEXO 6: Cronograma de Pruebas

ANEXO 7: Manual de Procedimiento para Realizar una Captura con Kinect

ANEXO 8: Ficha Evaluación Mensual del Estudiante

## ANEXO 1: Manual Instalación de Kinect en el Ordenador con software libre Ubuntu

### Prerrequisitos:

Los prerequisistos son librerías que permitirá la ejecución de los diversos paquetes que contiene Kinect , continuación se enlistas cada uno de ellos los que pueden ser descargados desde el *Gestor de Paquetes Synaptic*.

- git-core
- cmake
- libglut3-dev
- pkg-config
- build-essential
- libxmu-dev
- libxi-dev
- libusb-1.0-0-dev
- gcc
- g++

**El resto de prerequisitos deben ser instalados desde consola con la siguiente línea**

```
$ sudo aptitude install build-essential python libusb-1.0-0-dev freeglut3-dev openjdk-7-jdk doxygen graphviz
```

**Si se desea instalar el soporte para .NET es necesario contar previamente con el soporte para Mono instalado.**

```
$ sudo aptitude install mono-complete
```

**A continuación, instalamos OpenNI librería que nos permite manejar las cámaras de Kinect para ello ingresamos las siguientes líneas en el terminal.**

```
$ mkdir ~/kinect ; cd ~/kinect  
  
$ git clone https://github.com/OpenNI/OpenNI.git -b unstable  
  
$ cd OpenNI/Platform/Linux/CreateRedist  
  
$ bash RedistMaker  
  
$ cd ../Redist/OpenNI-Bin-Dev-Linux-x86*/  
  
$ sudo ./install.sh
```

**El siguiente paso es instalar el paquete denominado Sensor Kinect encargado del control de motor de movimiento de Kinect y de la esquematización del cuerpo humano lo realizamos ingresando los siguientes comandos:**

```
$ cd ~/kinect  
  
$ git clone https://github.com/avin2/SensorKinect  
  
$ cd SensorKinect/Platform/Linux/CreateRedist  
  
$ bash RedistMaker  
  
$ cd ../Redist/Sensor-Bin-Linux-x86*  
  
$ sudo sh install.sh
```

**El último paso es instalar el módulo inestable de NITE que permite la ejecución y reconocimiento de las articulaciones del cuerpo se lo realiza ingresando los siguientes comandos:**

```
$ cd ~/kinect
```

```
$ tar jxvf nite-bin-linux-x86-v1.5.2.21.tar.bz2
```

```
$ cd NITE-Bin-Dev-Linux-x86*/Data
```

```
$ chmod a+w *
```

```
$ vi *.xml
```

```
<License vendor="PrimeSense" key="insert key here"/> ... reemplazar por ...
```

```
<License vendor="PrimeSense" key="0KOIk2JeIBYCIpWVnMoRKn5cdY4="/>
```

```
$ cd ..
```

```
$ sudo ./install.sh
```

**Es posible verificar el funcionamiento del software recién instalado con las aplicaciones de demostración que este incluye. Para hacer esto se recomienda revisar los siguientes directorios.**

```
~/kinect/OpenNI/Platform/Linux/Bin/x86-Release
```

```
~/kinect/NITE-Bin-Dev-Linux-x86*/Samples/Bin/x86-Debug
```

## **Referencias**

<http://blog.jorgeivanmeza.com/2011/12/instalacion-openni-sensor-kinect-y-nite-en-gnulinux-ubuntu-11-10-desde-fuentes/>

<http://igorbarbosa.com/articles/how-to-install-kin-in-linux-mint-12-ubuntu/>

## ANEXO 2:Manual de Instalación de librerías OpenNI para uso de Kinect en Processing

### Instalación de Processing en Ubuntu

**El primer paso es descargar la distribución compatible con Kinect y las librerías de SimpleOpenNI y Nite, en este caso la versión 2.1. para ello se lo realiza con el siguiente comando**

```
$ wget http://processing.org/download/processing-2.1.tgz
```

O se lo puede descargar de la página oficial de processing <https://processing.org/download/>

**El siguiente paso es: Se crea un directorio para almacenar el software y moverlo desde descargas.**

```
$ sudo mkdir -p /usr/local/processing
```

```
$ sudo mv processing-1.1.tgz /usr/local/processing
```

```
$ cd /usr/local/processing
```

**Se descomprime el paquete recién descargado con la distribución del lenguaje.**

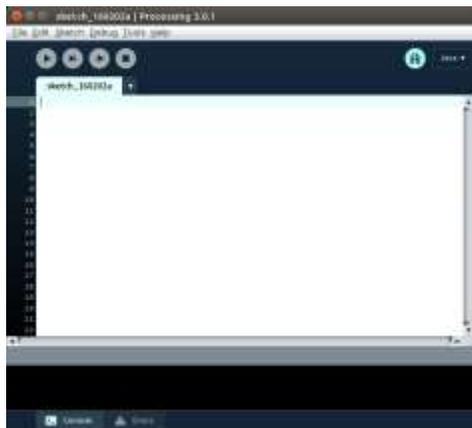
```
$ sudo tar zxvf processing-2.1.tgz
```

**Se verifican los permisos de ejecución del ambiente de desarrollo.**

```
$ sudo chmod +x /usr/local/processing/1.1/processing
```

**Y listo se encuentra instalado totalmente para ejecutarlo desde consola digitamos el siguiente comando**

```
./processing-2.1
```

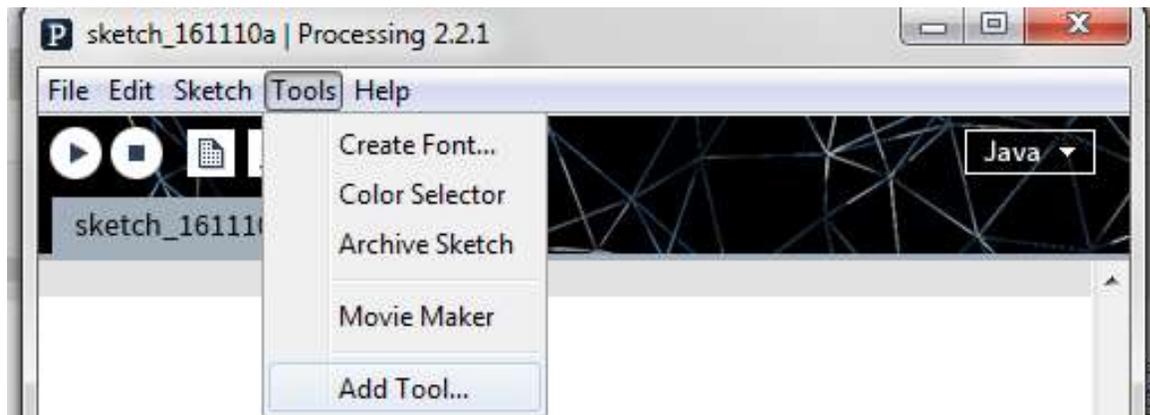


**Instalación de OpenNi en Processing**

Para la instalación de las librerías de Open Ni en processing se debe seguir los siguientes pasos:

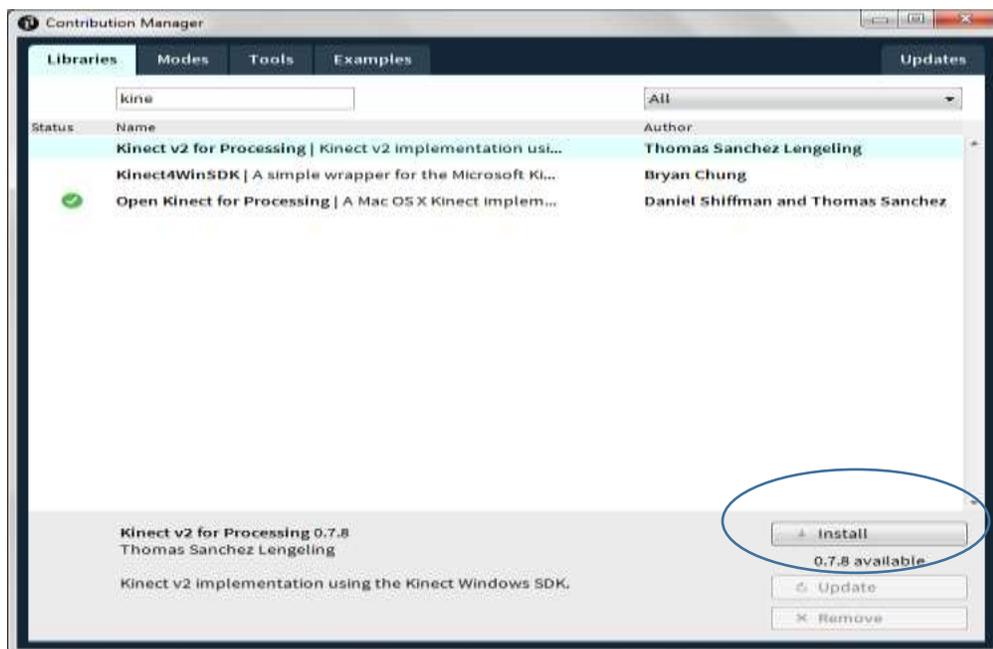
**PASO1:**

**Buscamos la opción Tool de Processing y damos clic en Add Tool**



**PASO 2:**

**Buscamos las librerías de Kinect y las seleccionamos y le damos clic en Instalar**



## ANEXO 3: Código del Programa

### CÓDIGO COMPLETO DEL PROGRAMA

```
/* ////////////VARIABLES //////////// */
import SimpleOpenNI.*;
float B; /// PIERANA IZ
float B1; // PIERNA DR
float F; // CADERA
float I; // IN PIERNA IZ
float L; // INT PIERNA DR
float sec; // TIEMPO SEGUNDOS
SimpleOpenNI context; // ESQUEMATIZACION
PImage img; // CONTRUCCION IMAGEN
int cruce ; // CRUZE PIERNAS
Log log; // ARCHIVO LOG
int piel;
////////////////////////////////////
void setup(){
size(1280, 520);//Tamaño de ventana
context = new SimpleOpenNI(this);//inicialización variable context (Habilitación librería SimpleOpenNI)
log = new Log("prueba.txt");//Creamos el nuevo archivo
//Inicializacion de Camara Depth y RGB
context.enableDepth();
context.enableRGB();
//Inicializacion esquematizacion del cuerpo
context.enableUser(SimpleOpenNI.SKEL_PROFILE_ALL);
//enable mirroring - flips the sensor's data horizontally
context.setMirror(false);
// tamaño de lineas
strokeWeight(5);
smooth();
// localizacion del cuerpo por color (azul)
img=createImage(640,480,RGB);
img.loadPixels();
} // FIN SETUP
////////////////////////////////////
void draw(){
sec = (millis()/1000); // CALCULO DE SEGUNDOS DE SENSADO
background(0); // Fondo de Relleno
image(context.depthImage(),0,0); // Pantalla 1 Depth
image(context.rgbImage(), 640, 0); // Pantalla 2 RGB
//Actualizacion de Sensado de Kinect
context.update();
//retrieves depth image
PImage depthImage=context.depthImage(); // relleno de frames con depth
depthImage.loadPixels();
//obtener pixeles en un vector transformar al tamaño de la ventana, para obtener informacion sobre la imagen // if
upix[i]=0, there is no user at that pixel position
// if upix[i]>0, upix[i] indica numero de usuario sensado (ideal para el sistema 1 )
int[] upix=context.getUsersPixels(0);

////////////////////////////////////colorize users
for(int i=0; i < upix.length; i++){
if(upix[i] > 0){
```

```

        img.pixels[i]=color(0,0,255);
    }else{
        img.pixels[i]=depthImage.pixels[i]; } }
img.updatePixels();

//draws the depth map data as an image to the screen //at position 0(left),0(top) corner
image(img,0,0);

//CONSTRUCCION DE ESQUELETO
int[] users=context.getUsers();
ellipseMode(CENTER); // centro de maza
// identificacion del usuario
for(int i=0; i < users.length; i++){
    int uid=users[i];
    //draw center of mass of the user (simple mean across position of all user pixels that corresponds to the given user)
    PVector realCoM=new PVector();
    //get the CoM in realworld (3D) coordinates
    context.getCoM(uid,realCoM);
    PVector projCoM=new PVector();
    //convert realworld coordinates to projective (those that we can use to draw to our canvas)
    context.convertRealWorldToProjective(realCoM, projCoM);
    fill(255,0,0);
    ellipse(projCoM.x,projCoM.y,10,10);
    //check if user has a skeleton

// CONSTRUCCION DE VECTORES DEL CUERPO
    if(context.isTrackingSkeleton(uid)){
PVector SKEL_HEAD = new PVector();
PVector SKEL_LEFT_SHOULDER = new PVector();
PVector SKEL_LEFT_ELBOW = new PVector();
PVector SKEL_LEFT_HAND = new PVector();
PVector SKEL_RIGHT_SHOULDER = new PVector();
PVector SKEL_RIGHT_ELBOW = new PVector();
PVector SKEL_RIGHT_HAND = new PVector();
PVector SKEL_TORSO = new PVector();
PVector SKEL_LEFT_HIP = new PVector();
PVector SKEL_LEFT_KNEE = new PVector();
PVector SKEL_LEFT_FOOT = new PVector();
PVector SKEL_RIGHT_HIP = new PVector();
PVector SKEL_RIGHT_KNEE = new PVector();
PVector SKEL_RIGHT_FOOT = new PVector();

//////CALCULO DE SUB VECTORES////
asignación de vectores a cada articulación
PVector differenceVector1 = PVector.sub(SKEL_LEFT_HIP, SKEL_LEFT_KNEE);
PVector differenceVector2 = PVector.sub(SKEL_LEFT_FOOT, SKEL_LEFT_KNEE);
PVector differenceVector3 = PVector.sub(SKEL_LEFT_HIP, SKEL_LEFT_FOOT);

PVector differenceVector4 = PVector.sub(SKEL_LEFT_HIP, SKEL_LEFT_ELBOW);
PVector differenceVector5 = PVector.sub(SKEL_LEFT_KNEE, SKEL_LEFT_ELBOW);
PVector differenceVector6 = PVector.sub(SKEL_LEFT_KNEE, SKEL_RIGHT_KNEE);// distancia rodillas
PVector differenceVector7 = PVector.sub(SKEL_RIGHT_KNEE, SKEL_LEFT_FOOT);
PVector differenceVector8 = PVector.sub(SKEL_LEFT_KNEE, SKEL_RIGHT_FOOT);
PVector differenceVector10 = PVector.sub(SKEL_LEFT_FOOT, SKEL_RIGHT_FOOT); // distancia pies

PVector differenceVector12 = PVector.sub(SKEL_LEFT_HIP, SKEL_RIGHT_KNEE);

```

```

PVector differenceVector9 = PVector.sub(SKEL_RIGHT_FOOT, SKEL_RIGHT_KNEE);
PVector differenceVector11 = PVector.sub(SKEL_LEFT_HIP, SKEL_RIGHT_FOOT);

// calculo de distancia y direccion de sub vectores
/////PIE IZQUIERDO
float magnitudel = differenceVector1.mag(); // cadera rodilla
float magnitudel2 = differenceVector2.mag(); // pie rodilla
float magnitudel3 = differenceVector3.mag(); //cadera pie
//// ANGULOS INTERNOS
float magnitudel4 = differenceVector4.mag(); // cadera hombro
float magnitudel5 = differenceVector5.mag();// rodilla hombro
float magnitudel6 = differenceVector6.mag();// rodilla rodilla
float magnitudel7 = differenceVector7.mag();// rodilla2 pie
float magnitudel8 = differenceVector8.mag();// rodilla pie2
float magnitudel10 = differenceVector10.mag();// pie pie2

/// PIE DERECHO
float magnitudel9 = differenceVector9.mag();// rodilla2 pie2
float magnitudel11 = differenceVector11.mag();// cadera2 pie2
float magnitudel12 = differenceVector12.mag();// rodilla2 cadera2

////////////////////////////////////
////////////////////////////////////CONSTRUCCION DE TRIANGULOS////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////triangulo 1 PIE IZQUIERDO////////////////////////////////////
float a = magnitudel/10; // cadera rodilla
float b = magnitudel2/10; // rodilla pie
float c = magnitudel3/10; // pie cadera
//el angulo que se busca es B, formado entre los vectores cadera rodilla y rodilla pie usando ley de cosenos
B = (((c*c) - (b*b) - (a*a)) / (-2 * (b*a)));
float anguloB = (acos(B) * (180/PI));
textSize(20);
fill(222,36,36);
text("PIE IZ: " + anguloB, 10, 400); //X,Y
//println(anguloB);

////////////////////////////////////triangulo 2 CADERA////////////////////////////////////
float d = magnitudel/10; // cadera rodilla
float e = magnitudel4/10; // hombro cadera
float f = magnitudel5/10; // hombro rodilla
//el angulo que se busca es B, formado entre los vectores cadera rodilla y rodilla pie usando ley de cosenos
F = (((f*f) - (e*e) - (d*d)) / (-2 * (e*d)));
float anguloF = (acos(F) * (180/PI));

////////////////////////////////////IMPRIMIR SEGUNDOS DE CAPTURA////////////////////////////////////
text(sec, 450, 50);
////////////////////////////////////ANGULOS INTERNOS////////////////////////////////////
float g = magnitudel2/10; // pie rodilla
float h = magnitudel6/10; // rodilla rodilla
float z = magnitudel7/10; // rodilla2 pie
I = (((z*z) - (g*g) - (h*h)) / (-2 * (g*h)));
float anguloI = (acos(I) * (180/PI));
////////////////////////////////////ANGULOS INTERNOS////////////////////////////////////
float j = magnitudel6/10; // rodilla rodilla
float k = magnitudel9/10; // rodilla2 rodilla2
float l = magnitudel8/10; // rodilla2 pie

```

```

L = (( (l*l) - (j*j) - (k*k) ) / ( -2 * ( k*j) ) );
float anguloL = ( acos(L) * (180/PI) );

```

```

////////////////////DETERMINAR CRUCE DE PIERNAS ALTURA DE TOBILLOS //////////////////////
if (anguloI < 75 && anguloL < 75)
{
  cruce = 1;
  textSize (20);
  fill( 222,36,36 );
  text("CRUZADO", 100, 100);}
else
{
  cruce = 0;
  textSize (20);
  fill( 222,36,36 );
  text("NO CRUZADO", 100, 100);
}
////////////////////triangulo 1 PIE DERECHO////////////////////
float a1 = magnitudel2/10;// cadera2 rodilla2
float b1 = magnitudel9/10;// rodilla2 pie2
float c1 = magnitudel11/10;// pie2 cadera2
//el angulo que se busca es B, formado entre los vectores cadera rodilla y rodilla pie usando ley de cosenos
B1 = (( (c1*c1) - (b1*b1) - (a1*a1) ) / ( -2 * ( b1*a1) ) );
float anguloB1 = ( acos(B1) * (180/PI) );
textSize (20);
fill( 222,36,36 );
text("PIE DR: " + anguloB1, 450, 400);
//println (anguloB);
println (cruce);
/// SEGUNDOS /// ANGULO PIE IZ /// ANGULO PIE DR // CRUCE
delay(100);
log.write(sec + "," + anguloB + "," + anguloB1 + "," + cruce );
////////////////////DETERMINAR POSICIONES////////////////////
////////////////////POS 2 //////////////////////
if (( anguloB < 80 )&& ( anguloB1 < 80 ))
{
  pie1 = 2 ;
  textSize (30);
  fill( 222,36,36 );
  text("POS 2", 20, 20);
}
////////////////////POS 1 //////////////////////
if ( ( anguloB >= 80 && anguloB <= 120) && ( anguloB1 > 80 && anguloB1 <= 120) )
{
  pie1 = 1;
  textSize (30);
  fill( 222,36,36 );
  text("POS 1", 20, 20);
}
////////////////////POS 3 //////////////////////
if (( anguloB > 120 ) && ( anguloB1 > 120 ))
{
  pie1 = 3 ;
  textSize (30);
  fill( 222,36,36 );
  text("POS 3", 20, 20);
}
////////////////////POS 4 //////////////////////
if ( pie1 != 1 || pie1 != 2 || pie1 != 3 )
{
  textSize (30);
  fill( 222,36,36 );
  text("POS 4", 20, 20);
}
////////////////////

```

```

    } }
    if (sec == 120)
    { log.close(); //Se cierra el archivo
      println("Archivo cerrado");
      stop();
      exit(); } }
//is called everytime a new user appears
void onNewUser(int userId)
{
  println("onNewUser - userId: " + userId);
  //asks OpenNI to start tracking a skeleton data for this user
  //NOTE: you cannot request more than 2 skeletons at the same time due to the performance limitation
  // so some user logic is necessary (e.g. only the closest user will have a skeleton)
  context.startTrackingSkeleton(userId); }
//is called everytime a user disappears
void onLostUser(int userId)
{ println("onLostUser - userId: " + userId); }
  break;
}
}
class log
//Inicia clase Log
class Log {
  private PrintWriter output; //Permite la creacion de archivos
  private String path= sketchPath; //Variable para guardar ruta de archivo
  private String fileName; //Variable para el nombre del archivo
  private int id=1; //id del archivo, se usa para renombrar

  //Constructor de la clase
  Log(String fileName) {
    this.fileName=fileName; //Asigamos nombre del archivo
    if (exist(this.fileName)) { //comprobamos si ya existe el nombre del archivo con la funcion exist()
      rename(); //Si es verdadero se llama a la funcion rename()
      output= createWriter(this.fileName); //Se crea el archivo con el nombre nuevo
    }
    else {
      output= createWriter(this.fileName); //Si no existe, se crea sin renombrar
    }
  }
}

//Crea una lista de los archivos existentes en el directorio actual
private String[] listFileNames(String dir) { //recibe como parametro la ruta actual
  File file = new File(dir); //Crea un objeto de la clase File
  if (file.isDirectory()) { //Comprobamos que sea un directorio y no un archivo
    String names[] = file.list(); //Cargamos la lista de archivos en el vector names[]
    return names; //regresamos names[]
  } else {
    return null; //En caso de que sea un archivo se regresa null
  } }
//Comprueba si el archivo ya existe
private boolean exist(String fileName) { //recibe como parametro el nombre del archivo
  String[] filenames = listFileNames(path); //llama a la funcion listFileNames para obtener la lista de archivos
  for (int x=0; x<=filenames.length-1;x++) { //Se comprueba por medio de un for la existencia del archivo, recorre
todo el vector
    if (fileName.equals(filenames[x])) { //Si el nombre de un archivo existente coincide con el que se propuso
      return true; //Regresa verdadero
    }
  }
}

```

```

    } }
    return false; //Regresa falso
}
//Renombra el archivo para no sobrescribir
private void rename() {
    String newName=(split(fileName, ".")[0]+"_" +str(id)+"."+split(fileName, ".")[1]); //Al nombre original se le
asigna un indicador haciendo uso del id
    if (exist(newName)) { //Se comprueba si archivo con el nuevo nombre existe
        id++; //Se incrementa id hasta que se encuentra un archivo inexistente
        rename(); //Es recursiva en caso de que siga existiendo el nombre
    } else {
        fileName=newName; //Se regresa el nuevo nombre
        return;
    } }
//Cierra el archivo, para que sea utilizable
public void close() {
    output.flush(); //Vaciamos buffer de escritura
    output.close(); //Cerramos el archivo
}

//Escribe datos nuevos
public void write(String data) {
    output.println(data+";"); //Concatena los datos nuevos y asigna fin de linea
}
} //Termina clase

```

## ANEXO 4: Fichas de Observación de Análisis

### Ficha de observación

#### Análisis de un Postura en posición sedente (EXTREMIDADES INFERIORES)

##### Descripción de los Usuarios

Usuario	Genero	Practica algún deporte	Tiene molestias en articulaciones Inferiores
1	<b>Masculino</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>
2	<b>Masculino</b>	<b>Si</b>	<b>SI</b>
3	<b>Masculino</b>	<b>Si</b>	<b>NO</b>
4	<b>Masculino</b>	<b>No</b>	<b>NO</b>
5	<b>Femenino</b>	<b>No</b>	<b>NO</b>
6	<b>Femenino</b>	<b>No</b>	<b>SI</b>
7	<b>Masculino</b>	<b>Si</b>	<b>NO</b>
8	<b>Masculino</b>	<b>No</b>	<b>SI</b>
9	<b>Masculino</b>	<b>Si</b>	<b>SI</b>
10	<b>Femenino</b>	<b>No</b>	<b>NO</b>

#### DESCRIPCIÓN DE LA FICHA

Para la realización de esta observación se utilizará El método OWAS de análisis postural se basa en una clasificación simple y sistemática de las posturas de trabajo, combinado con observaciones sobre las tareas.

El método OWAS basa sus resultados en la observación de las diferentes posturas adoptadas por el trabajador durante el desarrollo de la tarea, permitiendo identificar diferentes posturas como resultado de las posibles combinaciones de la posición de la espalda (4 posiciones), brazos (3 posiciones), piernas (3 posiciones)), en este caso se lo utilizara su sección tres de estudio de extremidades inferiores.

#### 1. Proceso: análisis

El proceso del análisis se basa en tomar tres referencias diarias de diez individuos mientras realizan sus actividades cotidianas diarias.

- Las tomas se realizarán al iniciar la jornada 7:15 am, a media jornada 11:00 am y al finalizar la misma 12:30.
- La locación para realizar este análisis es la facultad de ciencias aplicadas (FICA), laboratorio de Fibra Óptica.

**2- Frecuencia:** se realiza captura de datos tres veces al día con una separación de dos horas a los diez individuos logrando un total de horas de análisis diario de 80 horas.

**3-Organización de trabajo:**

**3.1-** El estudio se realiza durante toda la jornada matutina de 7:00 a 13:00 con un rango de estudio de 8 horas diarias.

**3.2-** Para realizar la tarea no se cuenta con un proceso explicado para cada individuo de estudio ya que esto podría alterar los resultados

**4- Cuadro de referencia de las diferentes posturas valoradas por OWAS**

<b>Postura</b>	<b>Código</b>
<b>Angulo recto formado entre la pantorrilla y el muslo, se puede observar que se realiza una variación cruzando las piernas a la altura de los tobillos</b>	<b>1</b>
<b>Angulo agudo formado entre la pantorrilla y el muslo, se puede observar que se realiza una variación cruzando las piernas a la altura de los tobillos</b>	<b>2</b>
<b>Angulo obtuso formado entre la pantorrilla y el muslo, se puede observar que se realiza una variación cruzando las piernas a la altura de los tobillos</b>	<b>3</b>
<b>Se considera postura por default en caso de que las piernas no coincidan dentro del mismo rango de análisis</b>	<b>4</b>

Formato para ficha seguimiento diario para 10 usuarios

<b>Día:</b>	<b>Jornada de Trabajo</b>			<b>Postura Detectada</b>
	<b>Inicio</b>	<b>Medio</b>	<b>Fin</b>	
<b>Usuario 1</b>				
<b>Usuario 2</b>				
<b>Usuario 3</b>				
<b>Usuario 4</b>				
<b>Usuario 5</b>				
<b>Usuario 6</b>				
<b>Usuario 7</b>				
<b>Usuario 8</b>				
<b>Usuario 9</b>				
<b>Usuario 10</b>				

## FICHAS DIARIAS

La ficha cumple el objetivo de almacenar las posturas que el usuario analizado adopta durante la jornada de trabajo

<b>Día: Lunes</b>	<b>Detección de la postura corporal en la Jornada de Trabajo</b>		
	<b>Inicio</b>	<b>Medio</b>	<b>Fin</b>
<b>Usuario 1</b>	1	2	1
<b>Usuario 2</b>	1	2	1
<b>Usuario 3</b>	1	2	2
<b>Usuario 4</b>	1	4	3
<b>Usuario 5</b>	1	3	3
<b>Usuario 6</b>	2	2	4
<b>Usuario 7</b>	2	1	1
<b>Usuario 8</b>	2	2	1
<b>Usuario 9</b>	3	4	4
<b>Usuario 10</b>	3	2	3

Resultado del total de Persona que adoptan las distintas posturas en el transcurso del día

<b>Jornada</b>	<b>Postura 1</b>	<b>Postura 2</b>	<b>Postura 3</b>	<b>Postura 4</b>
<b>Inicio</b>	4	3	2	0
<b>Medio</b>	1	6	1	2
<b>Fin</b>	4	1	3	2

## ELABORACIÓN DE FICHAS DIARIAS

La ficha cumple el objetivo de almacenar las posturas que el usuario analizado adopta durante la jornada de trabajo

<b>Día: martes</b>			
<b>Usuario</b>	Detección de la postura corporal en la Jornada de Trabajo		
	Inicio	Medio	Fin
<b>Usuario 1</b>	1	2	3
<b>Usuario 2</b>	1	2	3
<b>Usuario 3</b>	1	4	2
<b>Usuario 4</b>	1	4	3
<b>Usuario 5</b>	1	3	3
<b>Usuario 6</b>	1	2	4
<b>Usuario 7</b>	3	1	1
<b>Usuario 8</b>	2	1	1
<b>Usuario 9</b>	3	4	4
<b>Usuario 10</b>	2	3	4

Resultado del total de Persona que adoptan las distintas posturas en el transcurso del día

<b>Jornada</b>	<b>Postura 1</b>	<b>Postura 2</b>	<b>Postura 3</b>	<b>Postura 4</b>
<b>Inicio</b>	6	2	2	0
<b>Medio</b>	2	3	2	3
<b>Fin</b>	2	1	4	3

## ELABORACIÓN DE FICHAS DIARIAS

La ficha cumple el objetivo de almacenar las posturas que el usuario analizado adopta durante la jornada de trabajo

<b>Día: miércoles</b>			
<b>Usuario</b>	Detección de la postura corporal en la Jornada de Trabajo		
	Inicio	Medio	Fin
<b>Usuario 1</b>	2	1	1
<b>Usuario 2</b>	3	1	1
<b>Usuario 3</b>	3	4	1
<b>Usuario 4</b>	1	4	1
<b>Usuario 5</b>	1	3	2
<b>Usuario 6</b>	1	2	1
<b>Usuario 7</b>	1	1	1
<b>Usuario 8</b>	1	1	2
<b>Usuario 9</b>	2	4	2
<b>Usuario 10</b>	4	3	2

Resultado del total de Persona que adoptan las distintas posturas en el transcurso del día

<b>Jornada</b>	<b>Postura 1</b>	<b>Postura 2</b>	<b>Postura 3</b>	<b>Postura 4</b>
<b>Inicio</b>	5	2	2	1
<b>Medio</b>	4	1	2	3
<b>Fin</b>	6	4	0	0

## ELABORACIÓN DE FICHAS DIARIAS

La ficha cumple el objetivo de almacenar las posturas que el usuario analizado adopta durante la jornada de trabajo

<b>Día: jueves</b>			
<b>Usuario</b>	Detección de la postura corporal en la Jornada de Trabajo		
	Inicio	Medio	Fin
<b>Usuario 1</b>	3	1	3
<b>Usuario 2</b>	3	1	3
<b>Usuario 3</b>	3	3	3
<b>Usuario 4</b>	1	3	1
<b>Usuario 5</b>	1	3	1
<b>Usuario 6</b>	1	2	4
<b>Usuario 7</b>	2	2	4
<b>Usuario 8</b>	2	1	2
<b>Usuario 9</b>	4	3	2
<b>Usuario 10</b>	4	3	1

Resultado del total de Persona que adoptan las distintas posturas en el transcurso del día

<b>Jornada</b>	<b>Postura 1</b>	<b>Postura 2</b>	<b>Postura 3</b>	<b>Postura 4</b>
<b>Inicio</b>	3	2	3	2
<b>Medio</b>	3	2	5	0
<b>Fin</b>	3	2	3	2

## ELABORACIÓN DE FICHAS DIARIAS

La ficha cumple el objetivo de almacenar las posturas que el usuario analizado adopta durante la jornada de trabajo

<b>Día: viernes</b>				
<b>Usuario</b>	Detección de la postura corporal en la Jornada de Trabajo			
	Inicio	Medio	Fin	
<b>Usuario 1</b>	3	1	2	
<b>Usuario 2</b>	3	1	2	
<b>Usuario 3</b>	3	2	3	
<b>Usuario 4</b>	3	2	3	
<b>Usuario 5</b>	2	2	4	
<b>Usuario 6</b>	2	3	4	
<b>Usuario 7</b>	2	4	4	
<b>Usuario 8</b>	4	1	2	
<b>Usuario 9</b>	4	1	2	
<b>Usuario 10</b>	4	1	1	

Resultado del total de Persona que adoptan las distintas posturas en el transcurso del día

<b>Jornada</b>	<b>Postura 1</b>	<b>Postura 2</b>	<b>Postura 3</b>	<b>Postura 4</b>
<b>Inicio</b>	0	3	4	3
<b>Medio</b>	5	3	1	1
<b>Fin</b>	1	4	2	3

## **ANEXO 5: Descripción del Juego usado en la prueba**

### **JUEGO DE CONCENTRACIÓN MENTAL – GEOMETRY DASH**

Geometry Dash es un juego móvil para iOS y Android de expansión gratuita, Es un juego de saltar basado en ritmo y concentración del usuario que actualmente tiene 20 niveles. Cada nivel presenta música de fondo única y generalmente van aumentando de dificultad. Los primeros niveles oficiales están sencillamente decorados, pero conforme los niveles se van haciendo más difíciles, parte de la dificultad proviene de decoraciones distractoras y centelleo, rotación, pulsos, e incluso obstáculos invisibles y elementos de fondo

### **JUGABILIDAD**

Geometry Dash utiliza un sistema sencillo de tapping (sistema de clicking para PC) para controlar el objeto o bloque que el usuario utiliza para avanzar por el juego. Los usuarios no pueden controlar la velocidad en qué el icono se mueve ya que alterna la velocidad según avance el nivel. El cronometrado y el ritmo son partes claves del juego.

El objetivo del juego dentro del proyecto es completar el nivel uno en 5 minutos o menos mientras el usuario está siendo monitoreado por el sistema logrando capturar de los movimientos y ángulos de flexión de las rodillas, si el jugador colisiona contra un obstáculo, tendrá que empezar el nivel desde el principio.



## **ANEXO 6: Cronograma de Pruebas**

Cronograma de Pruebas y ficha de evaluación del estudiante

<b>Fecha</b>	<b>Detalle</b>
<b>26 de febrero</b>	Prueba sensor Kinect e instalación de drivers
<b>25 de marzo 2016</b>	Prueba Estudiante Lee Prueba Estudiante Juega Usuario 1 y Usuario 2
<b>29 de abril 2016</b>	Prueba Estudiante Lee Prueba Estudiante Juega Usuario 1 y Usuario 2
<b>27 de mayo 2016</b>	Prueba Estudiante Lee Prueba Estudiante Juega Usuario 1 y Usuario 2
<b>24 de junio 2016</b>	Prueba Estudiante Lee Prueba Estudiante Juega Usuario 1 y Usuario 2
<b>29 de julio 2016</b>	Prueba Estudiante Lee Prueba Estudiante Juega Usuario 1 y Usuario 2
<b>26 de agosto 2016</b>	Prueba Estudiante Lee Prueba Estudiante Juega Usuario 1 y Usuario 2
<b>30 de septiembre</b>	Prueba Estudiante Lee Prueba Estudiante Juega Usuario 1 y Usuario 2

## **ANEXO 7: Manual de Procedimiento para Realizar una Captura con Kinect**

### **PROCEDIMIENTO PARA REALIZACIÓN DE CAPTURA DE MOVIMIENTO DE USUARIO CON SENSOR KINECT**

1. Conectar el Sensor Kinect a su adaptador y a la fuente eléctrica.
2. Conectar el Sensor Kinect al Ordenador.
3. Determinar el objetivo a ser captado (usuario) y la tarea a realizar, ejemplo jugar en una Tablet o leer un libro.
4. Separar el Kinect dos metros del usuario con la finalidad de capturar el cuerpo completo del mismo (puede variar si se requiere).
5. Levantar el Sensor Kinect a 80cm del piso con la finalidad de capturar el cuerpo completo del usuario (puede variar si se requiere).
6. Buscar a orientación del sensor ya sea frontal, lateral o diagonal según convenga, se recomienda de forma frontal.
7. Iniciar el programa de captura mediante processing.
8. Verificar si el cuerpo del usuario está siendo monitoreado en su totalidad.
9. Aislar objetos que puedan intervenir o afectar a la captura “obstáculos” como mesas, sillas u otros usuarios.
10. Una vez verificado todos los puntos repetir el paso 6 y esperar que sistema recopile los datos de la captura.
11. Una vez generado el archivo .txt por el sistema sincronizar la carpeta compartida con el servidor de archivos Droopbox o copiar manualmente el archivo.
12. Abrir el archivo .txt programa de análisis estadístico
13. Analizar a su conveniencia. (Existen plantillas en las que puede remplazar los nuevos datos para ser analizados

([https://www.dropbox.com/sh/rf64704znbwfgng/AAAiQPXot09o\\_uf-h29PWp51a?dl=0](https://www.dropbox.com/sh/rf64704znbwfgng/AAAiQPXot09o_uf-h29PWp51a?dl=0))

## ANEXO 8: Ficha Evaluación Mensual del Estudiante

### FICHA DE EVALUACIÓN MENSUAL AL ESTUDIANTE

#### DESCRIPCIÓN DE LA FICHA

*En esta ficha se realizarán algunas preguntas al usuario para determinar el estado de ánimo del mismo, con la finalidad de posteriormente utilizar estos datos conjuntamente con la captura que se realizará mediante el sensor de movimiento Kinect.*

#### FORMATO

Nombre del Estudiante: Usuario 1/ Usuario 2

Pruebas a Realizarse: Prueba lee y prueba Juega

Fecha:

Hora:

#### Preguntas

Elija la emoción que le describe en este momento

Emoción				Postura Detectada	
Triste	Enojado	Feliz	Ninguna	Estudiante Juega	Estudiante Lee

Las cuatro emociones descritas en la tabla, se consideran como un elemento que podría afectar la captura de datos.

## FICHA DE EVALUACIÓN MENSUAL AL ESTUDIANTE

### FORMATO

Nombre del Estudiante: Usuario 1

Pruebas a Realizarse: Prueba lee y prueba Juega

Fecha: 25 de marzo 2016

Hora: 9:00

### Preguntas

Elija la emoción que le describe en este momento

Emoción				Postura Detectada	
Triste	Enojado	Feliz	Ninguna	Estudiante Juega	Estudiante Lee
		X		1	3

Las emociones descritas en la tabla, se consideran como un elemento que podría afectar la captura de datos.

## FICHA DE EVALUACIÓN MENSUAL AL ESTUDIANTE

### FORMATO

Nombre del Estudiante: Usuario 2

Pruebas a Realizarse: Prueba lee y prueba Juega

Fecha: 25 de marzo 2016

Hora: 9:00

### Preguntas

Elija la emoción que le describe en este momento

Emoción				Postura Detectada	
Triste	Enojado	Feliz	Ninguna	Estudiante Juega	Estudiante Lee
		X		1	3

Las cuatro emociones descritas en la tabla, se consideran como un elemento que podría afectar la captura de datos.

## FICHA DE EVALUACIÓN MENSUAL AL ESTUDIANTE

### FORMATO

Nombre del Estudiante: Usuario 1

Pruebas a Realizarse: Prueba lee y prueba Juega

Fecha: 29 de abril 2016

Hora: 9:00

### Preguntas

Elija la emoción que le describe en este momento

Triste	Emoción			Postura Detectada	
	Enojado	Feliz	Ninguna	Estudiante Juega	Estudiante Lee
		X		1	2

Las emociones descritas en la tabla, se consideran como un elemento que podría afectar la captura de datos.

## FICHA DE EVALUACIÓN MENSUAL AL ESTUDIANTE

### FORMATO

Nombre del Estudiante: Usuario 2

Pruebas a Realizarse: Prueba lee y prueba Juega

Fecha: 29 de abril 2016

Hora: 9:00

### Preguntas

Elija la emoción que le describe en este momento

Triste	Emoción			Postura Detectada	
	Enojado	Feliz	Ninguna	Estudiante Juega	Estudiante Lee
		X		1	1

Las cuatro emociones descritas en la tabla, se consideran como un elemento que podría afectar la captura de datos.

## FICHA DE EVALUACIÓN MENSUAL AL ESTUDIANTE

### FORMATO

Nombre del Estudiante: Usuario 1

Pruebas a Realizarse: Prueba lee y prueba Juega

Fecha: 27 de mayo 2016

Hora: 9:00

### Preguntas

Elija la emoción que le describe en este momento

Emoción				Postura Detectada	
Triste	Enojado	Feliz	Ninguna	Estudiante Juega	Estudiante Lee
			X (Preocupada)	1	2

Las emociones descritas en la tabla, se consideran como un elemento que podría afectar la captura de datos.

## FICHA DE EVALUACIÓN MENSUAL AL ESTUDIANTE

### FORMATO

Nombre del Estudiante: Usuario 2

Pruebas a Realizarse: Prueba lee y prueba Juega

Fecha: 27 de mayo

Hora: 9:00

### Preguntas

Elija la emoción que le describe en este momento

Emoción				Postura Detectada	
Triste	Enojado	Feliz	Ninguna	Estudiante Juega	Estudiante Lee
X				1	3

Las cuatro emociones descritas en la tabla, se consideran como un elemento que podría afectar la captura de datos.

## FICHA DE EVALUACIÓN MENSUAL AL ESTUDIANTE

### FORMATO

Nombre del Estudiante: Usuario 1

Pruebas a Realizarse: Prueba lee y prueba Juega

Fecha: 24 de junio 2016

Hora: 9:00

### Preguntas

Elija la emoción que le describe en este momento

Triste	Emoción			Postura Detectada	
	Enojado	Feliz	Ninguna	Estudiante Juega	Estudiante Lee
	X			1	1

Las emociones descritas en la tabla, se consideran como un elemento que podría afectar la captura de datos.

## FICHA DE EVALUACIÓN MENSUAL AL ESTUDIANTE

### FORMATO

Nombre del Estudiante: Usuario 2

Pruebas a Realizarse: Prueba lee y prueba Juega

Fecha: 24 de junio 2016

Hora: 9:00

### Preguntas

Elija la emoción que le describe en este momento

Triste	Emoción			Postura Detectada	
	Enojado	Feliz	Ninguna	Estudiante Juega	Estudiante Lee
		X		4	4

Las cuatro emociones descritas en la tabla, se consideran como un elemento que podría afectar la captura de datos.

## FICHA DE EVALUACIÓN MENSUAL AL ESTUDIANTE

### FORMATO

Nombre del Estudiante: Usuario 1

Pruebas a Realizarse: Prueba lee y prueba Juega

Fecha: 29 de Julio 2016

Hora: 9:00

### Preguntas

Elija la emoción que le describe en este momento

Emoción				Postura Detectada	
Triste	Enojado	Feliz	Ninguna	Estudiante Juega	Estudiante Lee
	X			2	3

Las emociones descritas en la tabla, se consideran como un elemento que podría afectar la captura de datos.

## FICHA DE EVALUACIÓN MENSUAL AL ESTUDIANTE

### FORMATO

Nombre del Estudiante: Usuario 2

Pruebas a Realizarse: Prueba lee y prueba Juega

Fecha: 29 de Julio 2016

Hora: 9:00

### Preguntas

Elija la emoción que le describe en este momento

Emoción				Postura Detectada	
Triste	Enojado	Feliz	Ninguna	Estudiante Juega	Estudiante Lee
		X		4	4

Las cuatro emociones descritas en la tabla, se consideran como un elemento que podría afectar la captura de datos.

## FICHA DE EVALUACIÓN MENSUAL AL ESTUDIANTE

### FORMATO

Nombre del Estudiante: Usuario 1

Pruebas a Realizarse: Prueba lee y prueba Juega

Fecha: 26 de agosto 2016

Hora: 9:00

### Preguntas

Elija la emoción que le describe en este momento

Emoción				Postura Detectada	
Triste	Enojado	Feliz	Ninguna	Estudiante Juega	Estudiante Lee
		X		3	2

Las emociones descritas en la tabla, se consideran como un elemento que podría afectar la captura de datos.

## FICHA DE EVALUACIÓN MENSUAL AL ESTUDIANTE

### FORMATO

Nombre del Estudiante: Usuario 2

Pruebas a Realizarse: Prueba lee y prueba Juega

Fecha: 26 de agosto 2016

Hora: 9:00

### Preguntas

Elija la emoción que le describe en este momento

Emoción				Postura Detectada	
Triste	Enojado	Feliz	Ninguna	Estudiante Juega	Estudiante Lee
			X (Preocupado)	2	1

Las cuatro emociones descritas en la tabla, se consideran como un elemento que podría afectar la captura de datos.

## FICHA DE EVALUACIÓN MENSUAL AL ESTUDIANTE

### FORMATO

Nombre del Estudiante: Usuario 1

Pruebas a Realizarse: Prueba lee y prueba Juega

Fecha: 30 de septiembre

Hora: 9:00

### Preguntas

Elija la emoción que le describe en este momento

Emoción				Postura Detectada	
Triste	Enojado	Feliz	Ninguna	Estudiante Juega	Estudiante Lee
		X		3	3

Las emociones descritas en la tabla, se consideran como un elemento que podría afectar la captura de datos.

## FICHA DE EVALUACIÓN MENSUAL AL ESTUDIANTE

### FORMATO

Nombre del Estudiante: Usuario 2

Pruebas a Realizarse: Prueba lee y prueba Juega

Fecha: 30 de septiembre

Hora: 9:00

### Preguntas

Elija la emoción que le describe en este momento

Emoción				Postura Detectada	
Triste	Enojado	Feliz	Ninguna	Estudiante Juega	Estudiante Lee
		X		3	3

Las cuatro emociones descritas en la tabla, se consideran como un elemento que podría afectar la captura de datos.