



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA TECNOLÓGICO MEDIANTE REALIDAD VIRTUAL, PARA LA REHABILITACIÓN DE PACIENTES CON ALTERACIONES NEUROLÓGICAS EN EXTREMIDADES INFERIORES.

Autores:

Hamilton Alexander Angueta Pacheco
Cristian Fernando Hernández Fweltala

Tutor:

Ing. Marco Pilatasig



ANTECEDENTES



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Las rehabilitaciones se las realiza en un ambiente poco agradable y en ocasiones incómodas para el paciente.
- En Ecuador no se encuentra difundida a gran escala este tipo de tecnologías, creando un espacio de investigación con ideas innovadoras.
- Al ser una rehabilitación rutinaria y sin ningún tipo de estimulación, los pacientes no realizan de manera correcta los ejercicios correspondientes.



OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema tecnológico mediante realidad virtual, para la rehabilitación de pacientes con alteraciones neurológicas en extremidades inferiores.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Investigar acerca del daño cerebral adquirido y alteraciones neurológicas, las causas y síntomas que presentan.

Indagar sobre el uso de rehabilitación virtual en pacientes con daño cerebral adquirido.

Seleccionar las herramientas de software adecuado para el desarrollo de una multiplataforma utilizada para el diseño de la interfaz y adaptación de los sensores 3D-Space Mocap.

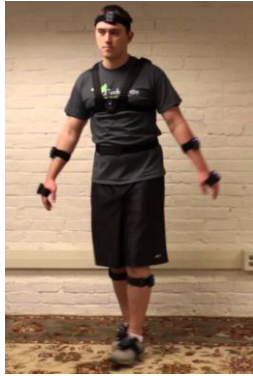
Implementar un entorno virtual para motivar el interés del paciente en la rehabilitación.

Realizar pruebas de funcionamiento, enfocadas a individuos que tienen completas sus funciones motoras



DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

Conexión de los sensores al paciente



Adquisición de señales de movimiento



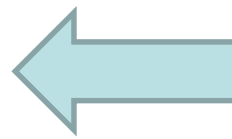
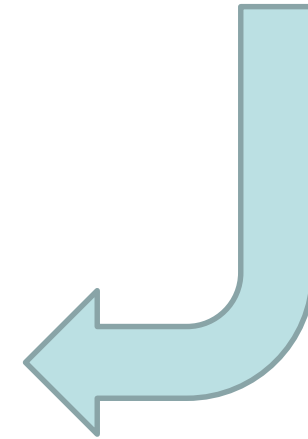
Procesamiento de las señales



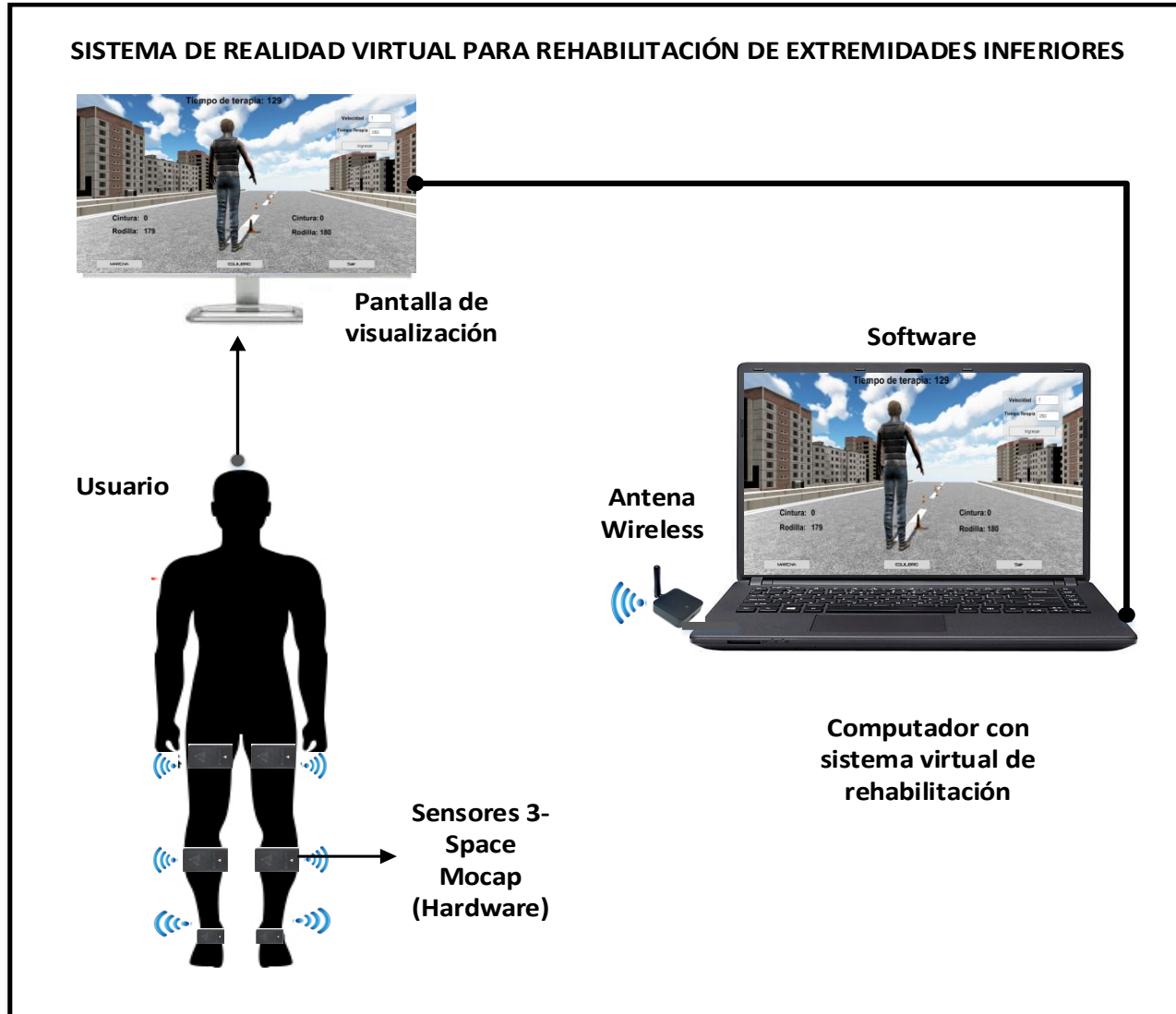
Análisis de resultados obtenidos



Algoritmo de captura de movimiento



DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO



HARDWARE Y SOFTWARE

Yei 3 Space Mocap



Computador



Proyector 3D (Optoma EX785 5000)

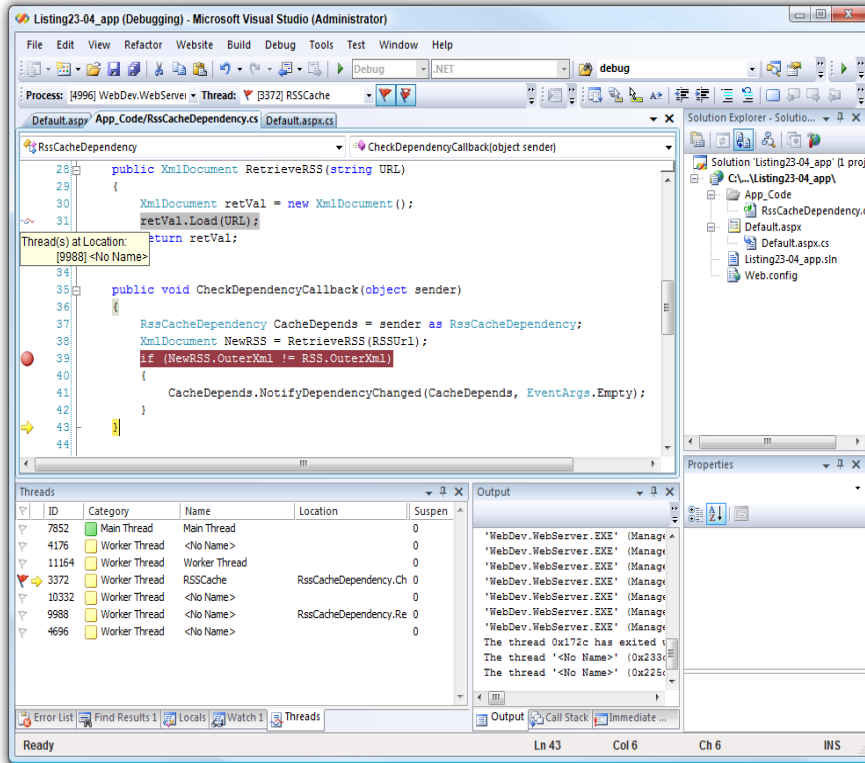


Unity 3D



ESPE
ESCUOLA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

PLATAFORMA DE DESARROLLO Y LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

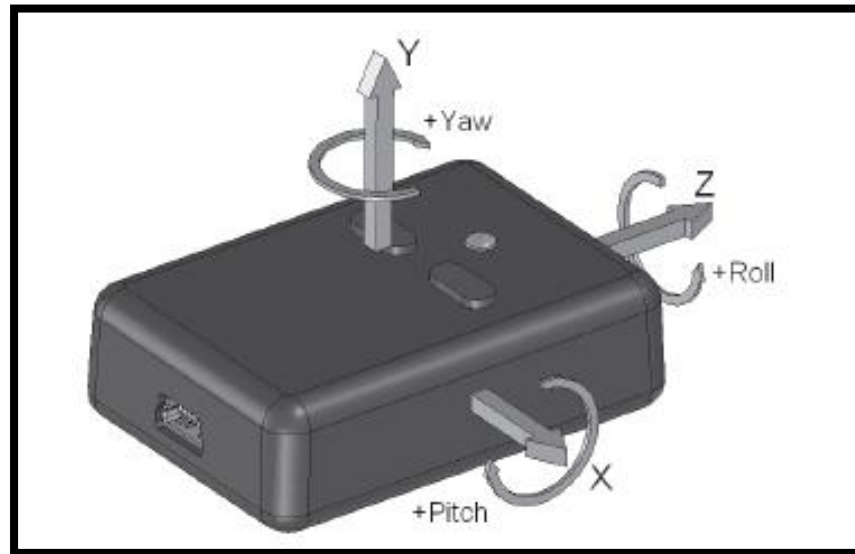


C#

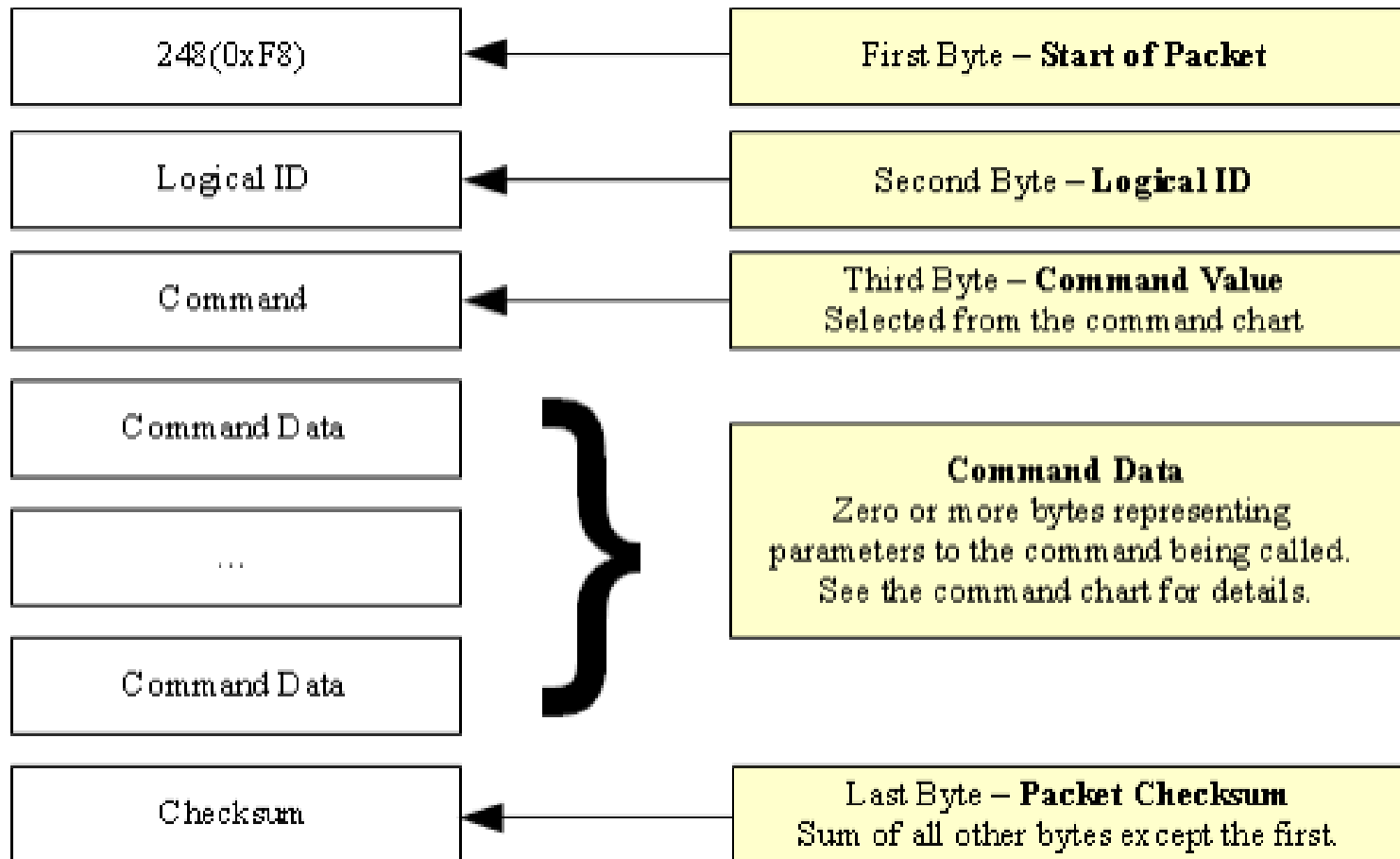


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

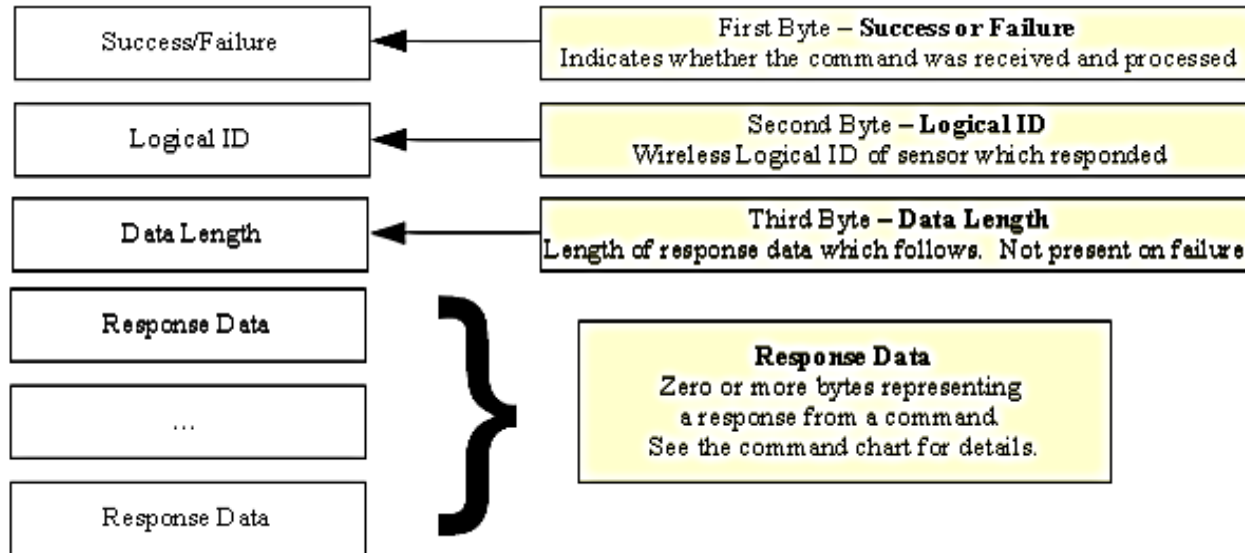
MÉTODO DE ADQUISICIÓN DE SEÑALES



FORMATO DEL PAQUETE BINARIO



COMANDO DE RESPUESTA BINARIA



Command	Description	Potential Response
F8 01 00 01	Read orientation as a quaternion from sensor 1	00 01 10 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 3F 80 00 00
F8 05 6A 02 71	Set oversample rate to 2 on sensor 5	00 05 00
F8 03 E6 E9	Read version string from sensor 3	00 03 0C 54 53 53 57 49 52 30 36 30 31 31 31
F8 00 EC EC	Read clock speed from powered-off sensor 0	01 00 (Failure)
F8 09 77 00 00 00 00 BF 80 00 00 00 00 00 BF	Set accelerometer reference vector to (0.0, -1.0, 0.0) on sensor 9	00 09 00

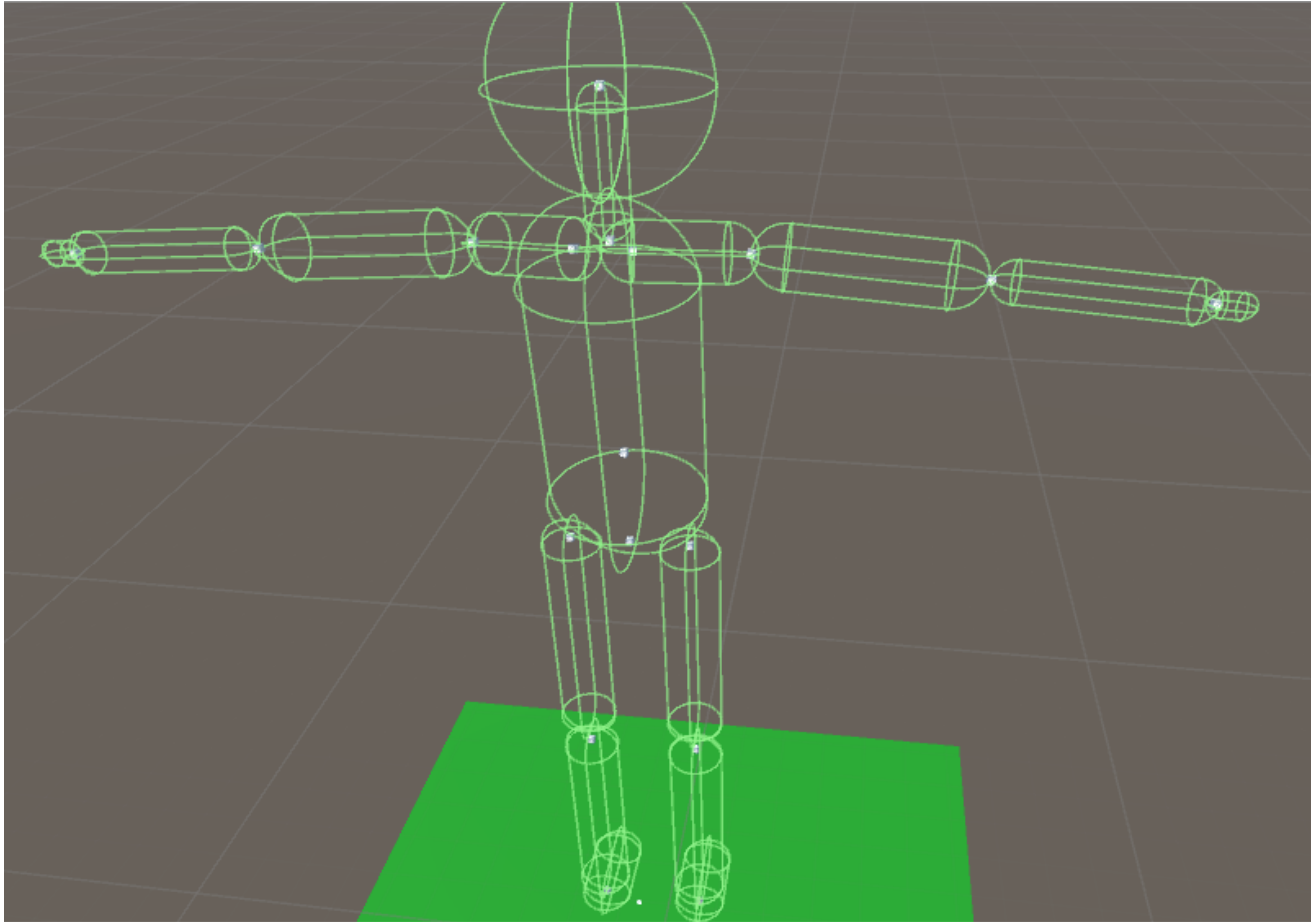


COMANDOS DE ORIENTACIÓN

Command	Description	Long Description	Return Data Len	Return Data Details	Data Len	Data Details
0(0x00)	Get tared orientation as quaternion	Returns the filtered, tared orientation estimate in quaternion form	16	Quaternion (float x4)	0	
1(0x01)	Get tared orientation as euler angles	Returns the filtered, tared orientation estimate in euler angle form	12	Euler Angles (float x3)	0	
2(0x02)	Get tared orientation as rotation matrix	Returns the filtered, tared orientation estimate in rotation matrix form	36	Rotation Matrix (float x9)	0	
3(0x03)	Get tared orientation as axis angle	Returns the filtered, tared orientation estimate in axis-angle form	16	Axis (float x3), Angle in Radians (float)	0	
4(0x04)	Get tared orientation as two vector.	Returns the filtered, tared orientation estimate in two vector form, where the first vector refers to forward and the second refers to down.	24	Forward Vector (float x3), Down Vector (float x3)	0	
5(0x05)	Get difference quaternion	Returns the difference between the measured orientation from last frame and this frame.	16	Quaternion (float x4)	0	
6(0x06)	Get untared orientation as quaternion	Returns the filtered, untared orientation estimate in quaternion form.	16	Quaternion (float x4)	0	
7(0x07)	Get untared orientation as euler angles	Returns the filtered, untared orientation estimate in euler angle form	12	Euler Angles (float x3)	0	
8(0x08)	Get untared orientation as rotation matrix	Returns the filtered, untared orientation estimate in rotation matrix form	36	Rotation Matrix (float x9)	0	
9(0x09)	Get untared orientation as axis angle	Returns the filtered, untared orientation estimate in axis-angle form	16	Axis (float x3), Angle in Radians (float)	0	
10(0x0A)	Get untared orientation as two vector	Returns the filtered, untared orientation estimate in two vector form, where the first vector refers to north and the second refers to gravity.	24	North Vector (float x3), Gravity Vector (float x3)	0	

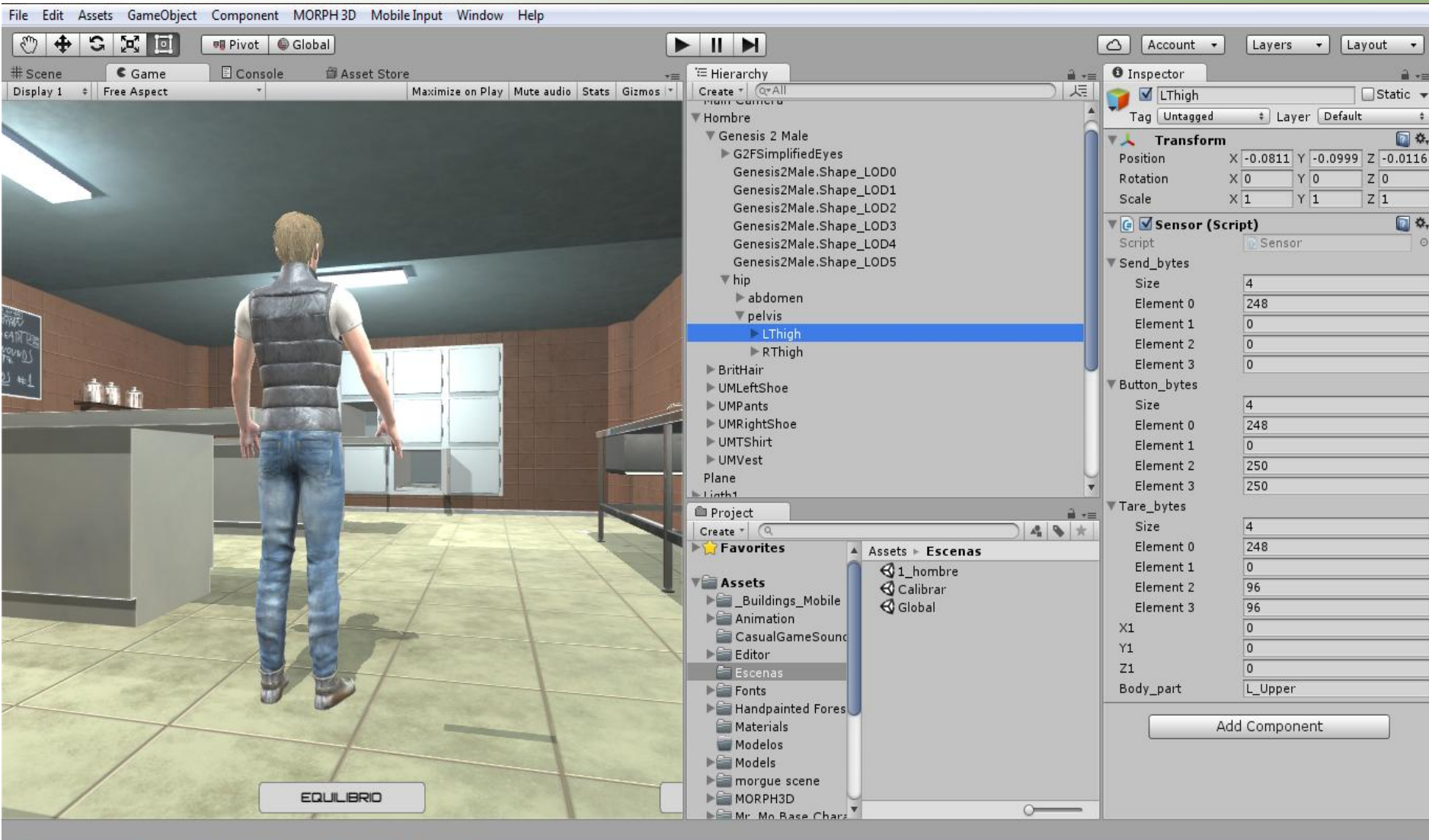


ESQUELETO INICIAL



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACION PARA LA EXCELENCIA

INTERFAZ Y ASIGNACIÓN DE SENSORES



SCRIPTS

```
GlobalVars.cs X Sensor.cs
3SpaceSensorUnity-YE12+ GlobalVars
1 using UnityEngine;
2 using System.IO.Ports;
3
4 public class GlobalVars : MonoBehaviour {
5
6     public static SerialPort sp = new SerialPort("COM7");
7     public static SerialPort sp2 = new SerialPort("COM8");
8     public static SerialPort sp3 = new SerialPort("COM3");
9     void Inicializar (SerialPort sp) {
10         sp.BaudRate = 9600;
11         sp.Parity = Parity.None;
12         sp.DataBits = 8;
13         sp.StopBits = StopBits.One;
14         sp.WriteTimeout = 500;
15         sp.ReadTimeout = 500;
16         if (!sp.IsOpen)
17             sp.Open();
18         sp.Write(new byte[] { 0xf8, 0x00, 0x00, 0x00 }, 0, 4);
19     }
20     void Start () {
21         Inicializar(sp3);
22         DontDestroyOnLoad(this);
23     }
24     void Awake () {
25         DontDestroyOnLoad(this);
26     }
}
```

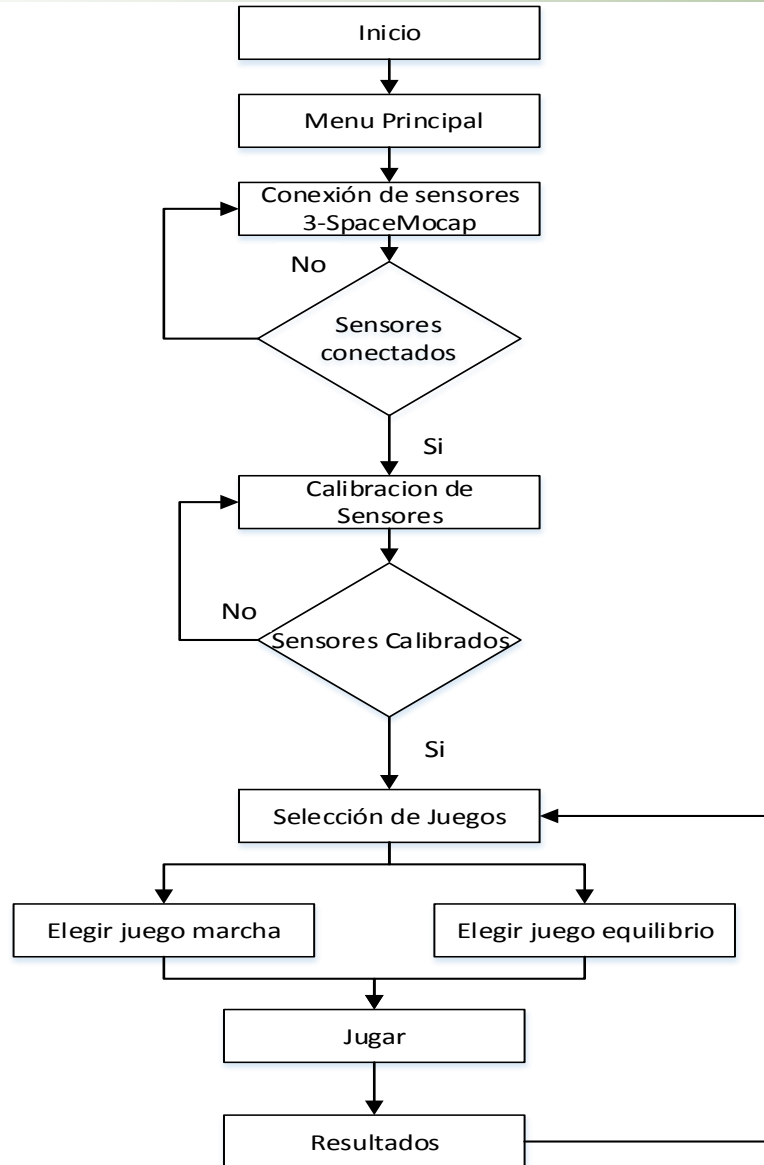


LIMITACIONES DEL SISTEMA

- Ordenador de altas prestaciones
- Personas con grados mínimos de movilidad en sus extremidades inferiores.
- Costo
- Vestimenta



DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA



RESULTADOS

TEST DE USABILIDAD SEQ.

Pregunta	Result (N=4)	
	Mean	SD
1. ¿Cuánto disfrutó su experiencia con el sistema?	4	0,71
2. ¿Te has sentido cómo si estuvieras dentro del sistema?	3,5	1,11
3. ¿Termino con éxito el Sistema?	4,75	0,43
4. ¿Hasta qué punto fue capaz de controlar el sistema?	3,5	0,5
5. ¿Qué tan real es el entorno virtual del sistema?	4,75	0,43
6. ¿Está clara la información proporcionada por el sistema?	5	0
7. ¿Ha sentido molestias durante su experiencia con el sistema?	1,25	0,43
8. ¿Experimentó mareos o náuseas durante su práctica con el sistema?	1	0
9. ¿Experimentó molestias oculares durante su práctica con el sistema?	1,25	0,43
10. ¿Se sintió confundido o desorientado durante su experiencia con el sistema?	1,75	1,29
11. ¿Cree usted que este sistema será útil para su rehabilitación?	5	0
12. ¿Ha encontrado la tarea difícil?	2,25	1,08
13. ¿Considera que los dispositivos del sistema son difíciles de usar?	1	0
PUNTUACION GLOBAL (total)	53	0,56

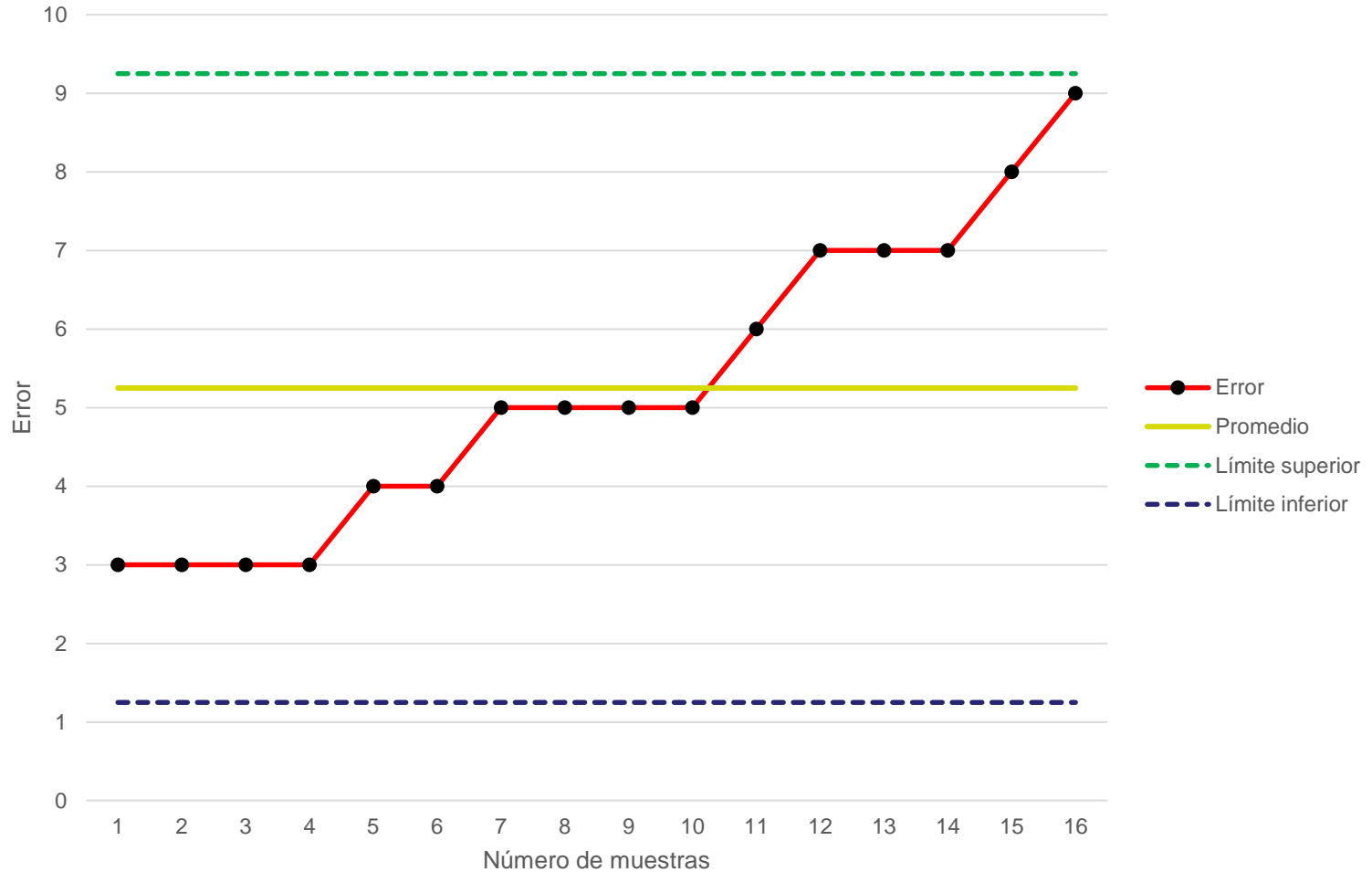


Muestras obtenidas en el experimento respecto a la cadera

Número de muestra	Goniómetro físico	Sistema de rehabilitación	Error	Varianza	Desviación Estándar
1	118	111	7	3,67	1,91
2	92	87	5		
3	73	69	4		
4	51	48	3		
5	121	112	9		
6	98	95	3		
7	57	52	5		
8	22	18	4		
9	124	117	7		
10	127	119	8		
11	109	102	7		
12	105	100	5		
13	84	79	5		
14	81	75	6		
15	36	33	3		
16	31	28	3		
		Promedio:	5,25		



Gráfica de error total en muestras de cadera



AVATAR REALIZANDO LOS MOVIMIENTOS DEL PACIENTE EN LA INTERFAZ DESARROLLADA



CONCLUSIONES

Los sensores Yei 3-Space son unidades de tracking inercial de gran precisión y alta fiabilidad, permitiéndoles ser dispositivos de mucha ayuda en proyectos de evaluación corporal humana

Para realizar la programación del sistema se debe transformar los datos obtenidos como ángulos cuarternión a Euler, de ésta manera se mejora la obtención de las señales adquiridas por los sensores

El sistema de realidad virtual para extremidades inferiores es un instrumento funcional para la utilización en el área de fisioterapia y fisiatría, ya que las pruebas realizadas se observan en tiempo real, obteniendo los ángulos de movimiento



Mediante un experimento de 32 muestras con los distintos sujetos de prueba, se determinó que el sistema de rehabilitación virtual para extremidades inferiores tiene un error de $\pm 7^{\circ}$ con respecto al goniómetro físico, dando a conocer así la precisión del instrumento

La fácil utilización del sistema, denominado “Sistema tecnológico mediante realidad virtual, para la rehabilitación de pacientes con alteraciones neurológicas en extremidades inferiores”, permite evaluar de forma más rápida los ángulos de movimiento, ya que con el goniómetro físico se debe ubicar en una sola posición con las manos y dificulta la evaluación

La programación del sistema de realidad virtual está realizada totalmente en Microsoft Visual Studio, ya que gracias a los comandos y librerías del software fue posible realizar la comunicación entre los sensores y la plataforma Unity



RECOMENDACIONES

El sistema operativo del ordenador a utilizar debe ser Windows Xp, Windows Vista o Windows 7, para que no exista error de comunicación entre los sensores y la computadora.

Para el correcto funcionamiento del sistema en el ordenador a utilizar, se debe instalar el software de Yost Labs 3-Space Sensor Software Suite

Se recomienda que el ordenador posea una memoria RAM de 6 Gb, un procesado i5 o i7 y con tarjeta gráfica dedicada, como requisitos mínimos, todo esto para que no ocurra ningún problema de ejecución..

Es necesario que el usuario a ser evaluado no use ropa holgada o jeans, ya que obstruye la correcta obtención de datos de las extremidades inferiores, se recomienda usar ropa deportiva, idealmente usar una pantaloneta.



GRACIAS