



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



“DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA INMERSIVO DE RECONOCIMIENTO Y CONTROL DE GESTOS, OSTENSIBLE POR MEDIO DE REALIDAD VIRTUAL COMO MÉTODO DE AYUDA EN LA REHABILITACIÓN DE LA CAPACIDAD MOTRIZ DE LAS EXTREMIDADES SUPERIORES EN PACIENTES CON ACCIDENTE CEREBROVASCULAR”

Autores:

Guevara Bermeo, Bryan Stefano
Martínez Navarrete, Azucena Wilma

Director:

Msc. Andrés Marcelo Gordón Garcés



RESUMEN

En la presente investigación se detalla el proceso de desarrollo de un sistema en realidad virtual para la utilización en terapias de rehabilitación con déficit motor en el miembro superior a causa de un Ictus.

Se trabaja en conjunto con orientación del profesional fisioterapeuta para la selección de ejercicios motrices adecuados para la rehabilitación de la extremidad superior, se realiza el diseño de software, el cual divide la arquitectura del sistema en dos pilares fundamentales: Modelado 3D e Implementación de la interactividad de los ejercicios usando sensores gestuales y controles touch representados en un entorno virtual

INTRODUCCIÓN

La recuperación de la capacidad motriz de la extremidad superior es uno de los mayores retos que se enfrentan los pacientes afectados con secuelas sensitivo-motoras después de sufrir un accidente cerebrovascular (ACV) o llamado también ictus.

Es por eso que en la actualidad la realidad virtual se está sometiendo a numerosos estudios que demuestran tener buena evidencia científica en la mejora del control motor de la extremidad superior parética.

La convergencia de la tecnología de realidad virtual con un sistema de control gestual conduce a una nueva plataforma de servicios en la que el usuario puede controlar objetos localizados en un entorno virtual e interactuar con ellos mediante su extremidad superior.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y desarrollar un sistema inmersivo de reconocimiento y control de gestos ostensible en realidad virtual utilizando un dispositivo de reconocimiento gestual que ayude a la rehabilitación de las extremidades superiores en pacientes con accidentes cerebrovasculares (ACV).

OBJETIVO ESPECÍFICO

INVESTIGAR

MODELAR

IMPLEMENTAR

DESARROLLAR

DOCUMENTAR

MARCO TEÓRICO

Accidente cerebro vascular

Lesión cerebral causada por un fallo en el sistema de riego sanguíneo o vascular del cerebro.

Rehabilitación de la extremidad superior

Movimientos auto asistidos, practica y fortaleza mental, estimulación neuromuscular, terapia robótica y el uso de la realidad virtual

Terapia ocupacional

Conjunto de técnicas, métodos y actuaciones.

Rehabilitación propioceptiva

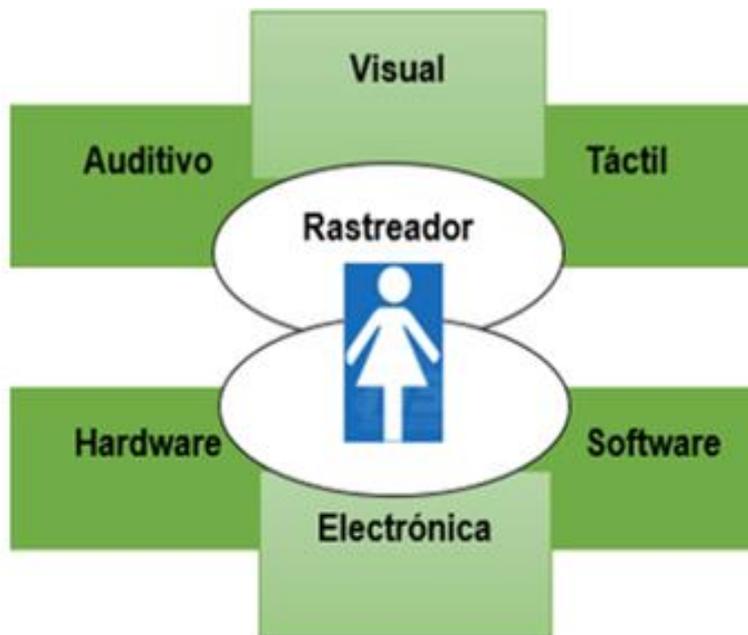
Cuando hacer terapia del miembro superior

Después de haber logrado un buen control de tronco

MARCO TEÓRICO

Realidad virtual

Lo elemental que debe tener un sistema de realidad virtual



Diferencia entre animación 3D y realidad Virtual.



Power Glove (Mattel)

Animación 3D \neq

Interacción

Inmersión

Tiempo Real

\neq Animación 3D

MARCO TEÓRICO

Modelado 3D

Proceso por el cual se crean personajes, objetos y escenas.

Técnicas de Modelado

- Modelado Sólido
- Modelado de Contorno
- Modelado de caja (Box modeling)

Representación de los sistemas

- Información geométrica:
- Información no geométrica

DISEÑO

Requerimientos funcionales y de diseño

Proyectar una interfaz amigable

Registrar y proyectar el movimiento

Juegos dinámicos

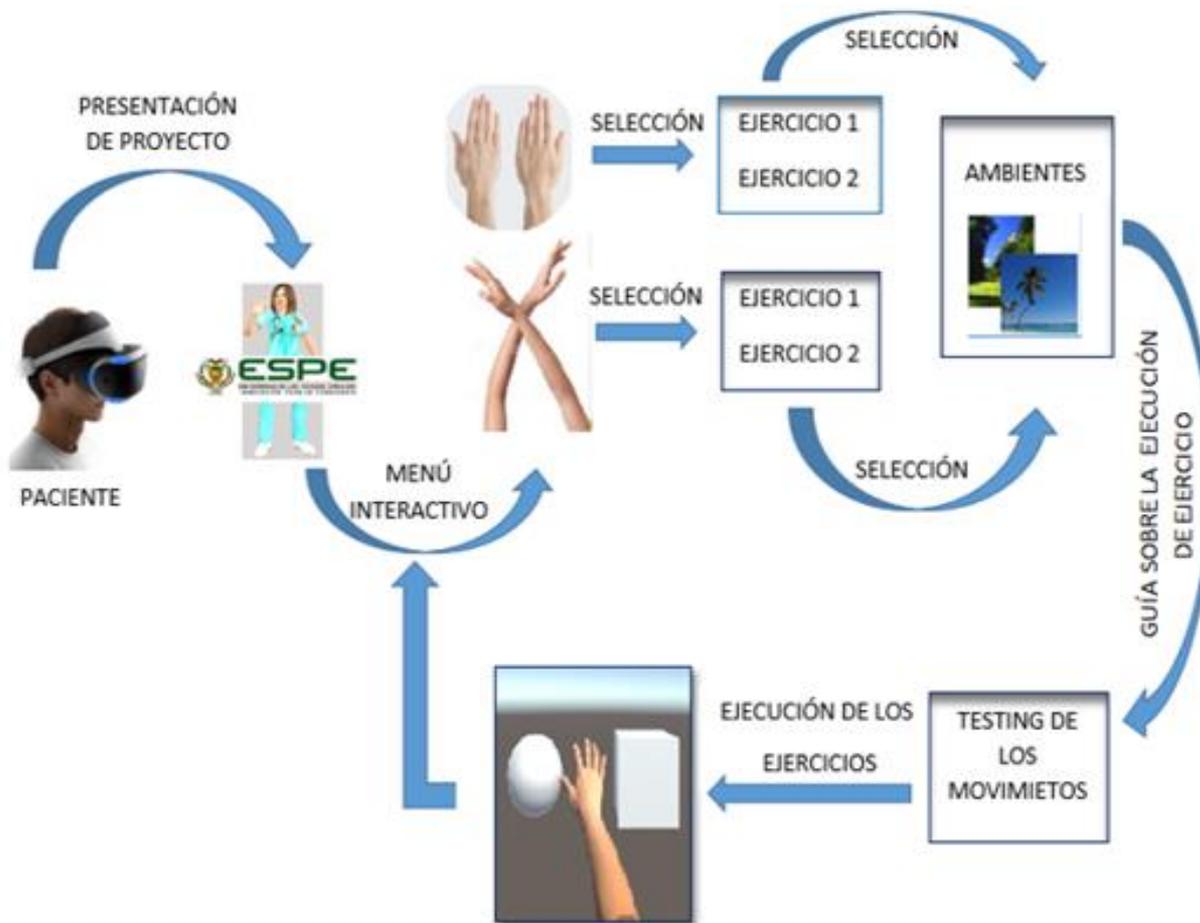
Control de actividades

Equipos

Área Física

DISEÑO

FASES DE DISEÑO

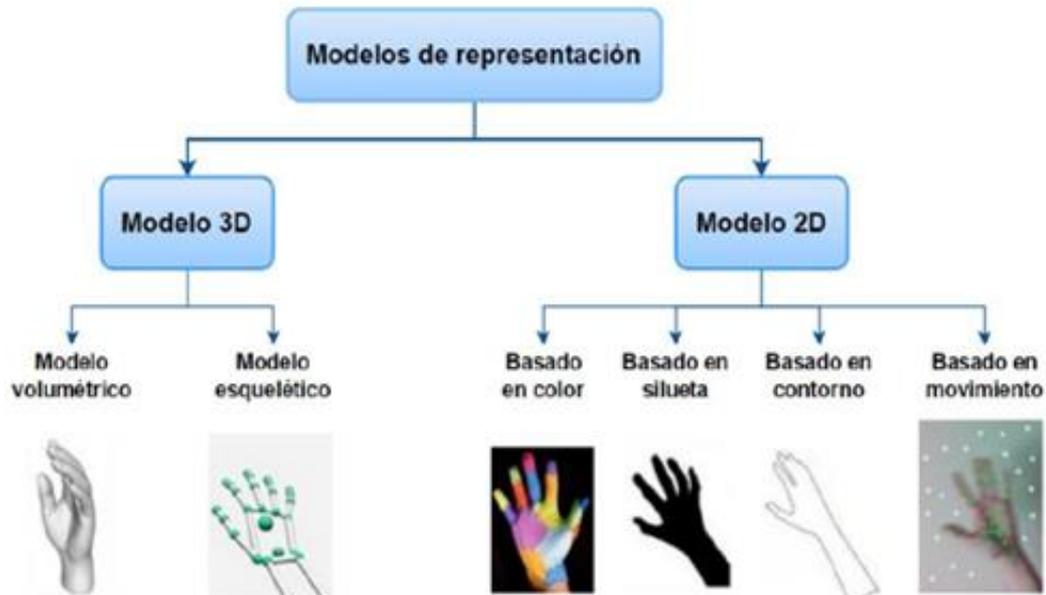


DISEÑO

FASES DE DISEÑO

MODELADO Y CREACIÓN DE ENTORNO

Modelado de brazos



Modelado del asistente virtual de bienvenida



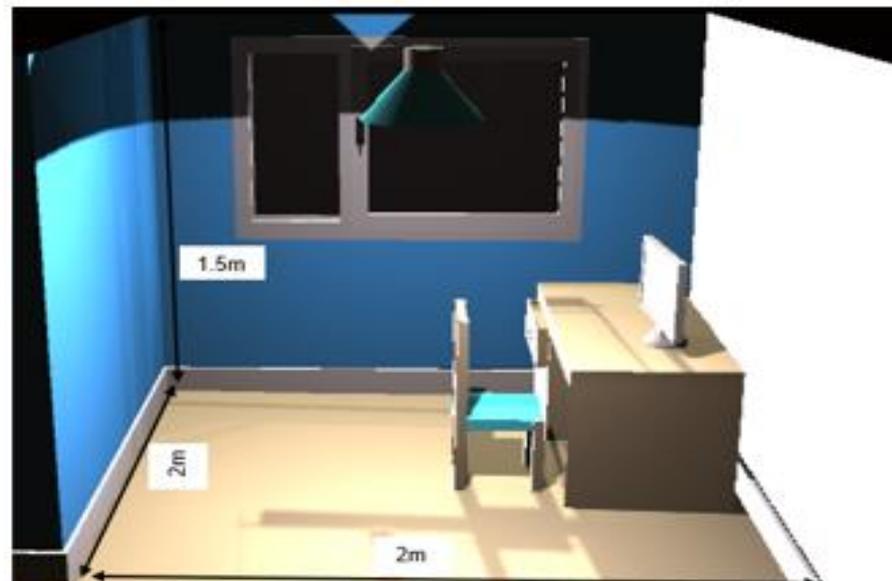
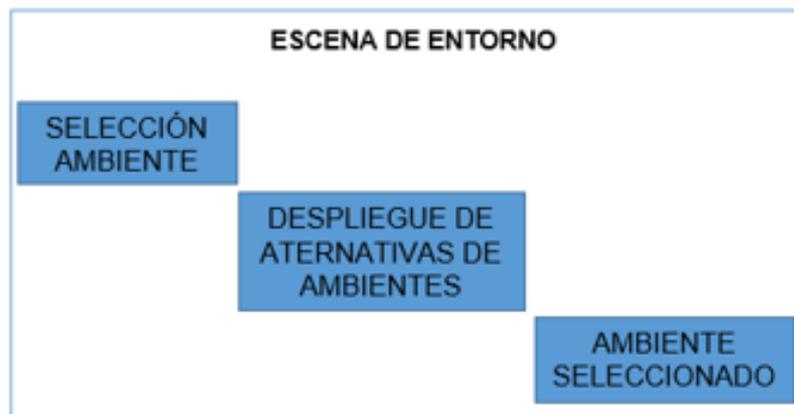
DISEÑO

FASES DE DISEÑO

MODELADO Y CREACIÓN DE ENTORNO

Creación de entorno

Espacio físico destinado a la rehabilitación

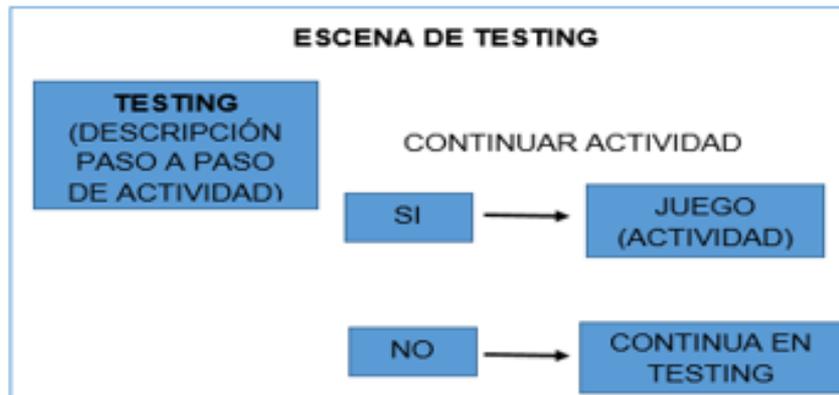


DISEÑO

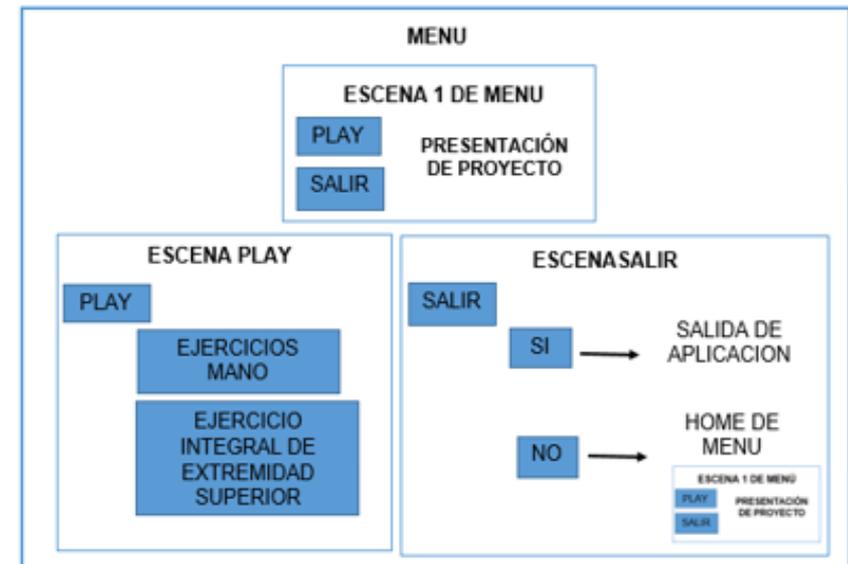
FASES DE DISEÑO

SISTEMA INTERACTIVO

Asistente de desarrollo
de actividades



Diseño de menú interactivo

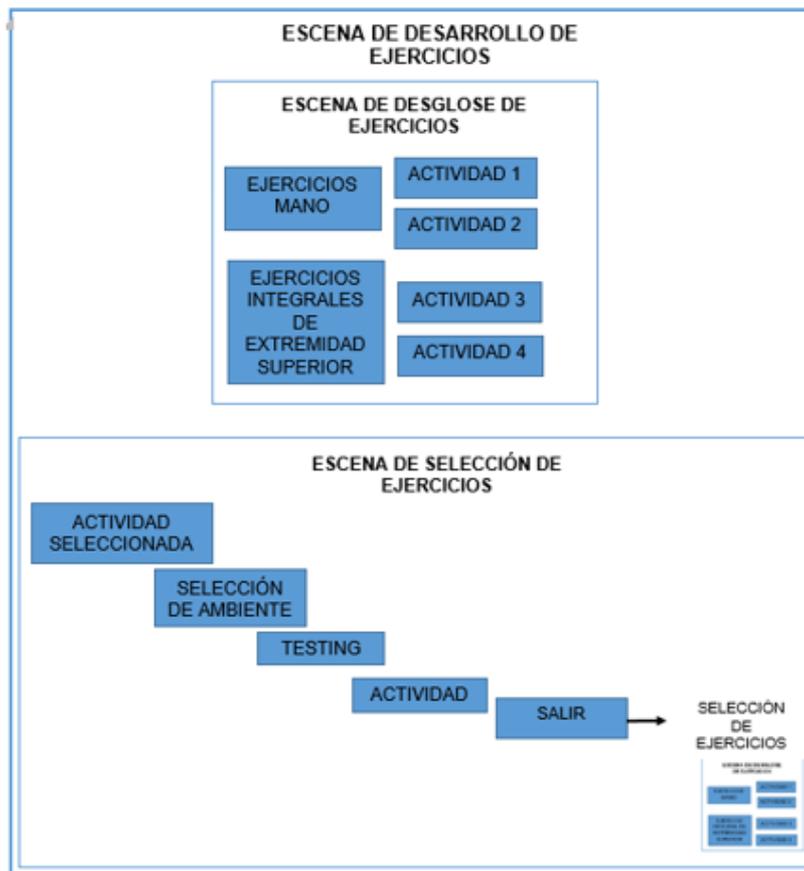


DISEÑO

FASES DE DISEÑO

SISTEMA INTERACTIVO

Diseño de
escena para
desarrollo de
actividades



SELECCIÓN DE EJERCICIOS DE REHABILITACIÓN PARA EXTREMIDAD SUPERIOR

MOVIMIENTOS LIBRES

Deslizamiento tendinoso



Pronosupinación



SELECCIÓN DE EJERCICIOS DE REHABILITACIÓN PARA EXTREMIDAD SUPERIOR

MOVIMIENTOS LIBRES

Abducción y aducción

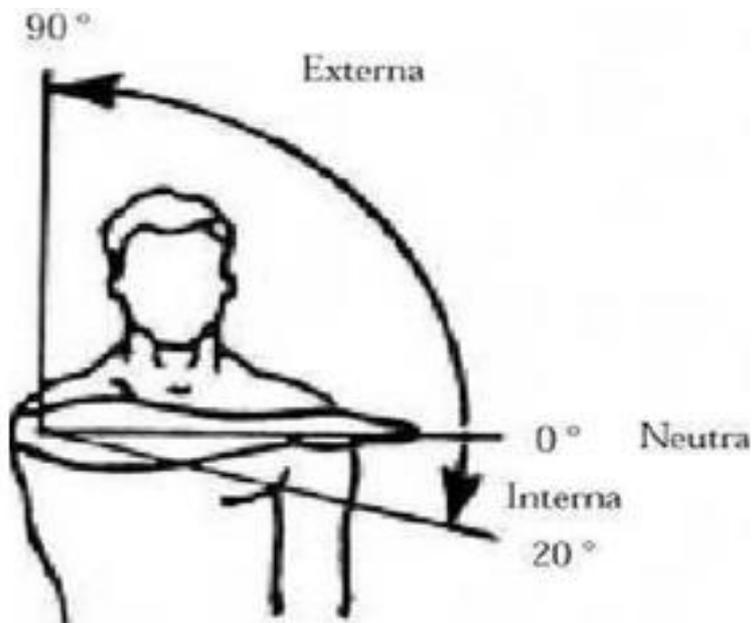


Flexión y extensión



SELECCIÓN DE EJERCICIOS DE REHABILITACIÓN PARA EXTREMIDAD SUPERIOR

MOVIMIENTOS LIBRES



SELECCIÓN DE SOFTWARE

MODELADO 3D

Facilidad de uso

Rendimiento

Flexibilidad

Costo

Compatibilidad

Interfaces

Recurso
Computacional

Velocidad de
desarrollo

MOTOR DE DESARROLLO

Soporte 2D y 3D

Integración y
compatibilidad con
otros softwares.

Lenguaje de
programación

Curva de
aprendizaje

Assets Store

Calidad Grafica

Rendimiento del
PC

Intuitivo



SELECCIÓN DE HARDWARE

GAFAS DE REALIDAD VIRTUAL

Compatible con motor de desarrollo	Duración de uso	Fácil puesta en marcha	Calidad de pantalla (robustez necesaria)
No debe tener motion blur	No presentar vibración excesiva en la imagen	Pantalla con latencia baja	Comodidad para el usuario

Figura 39. Parámetros de selección para gafas de realidad virtual



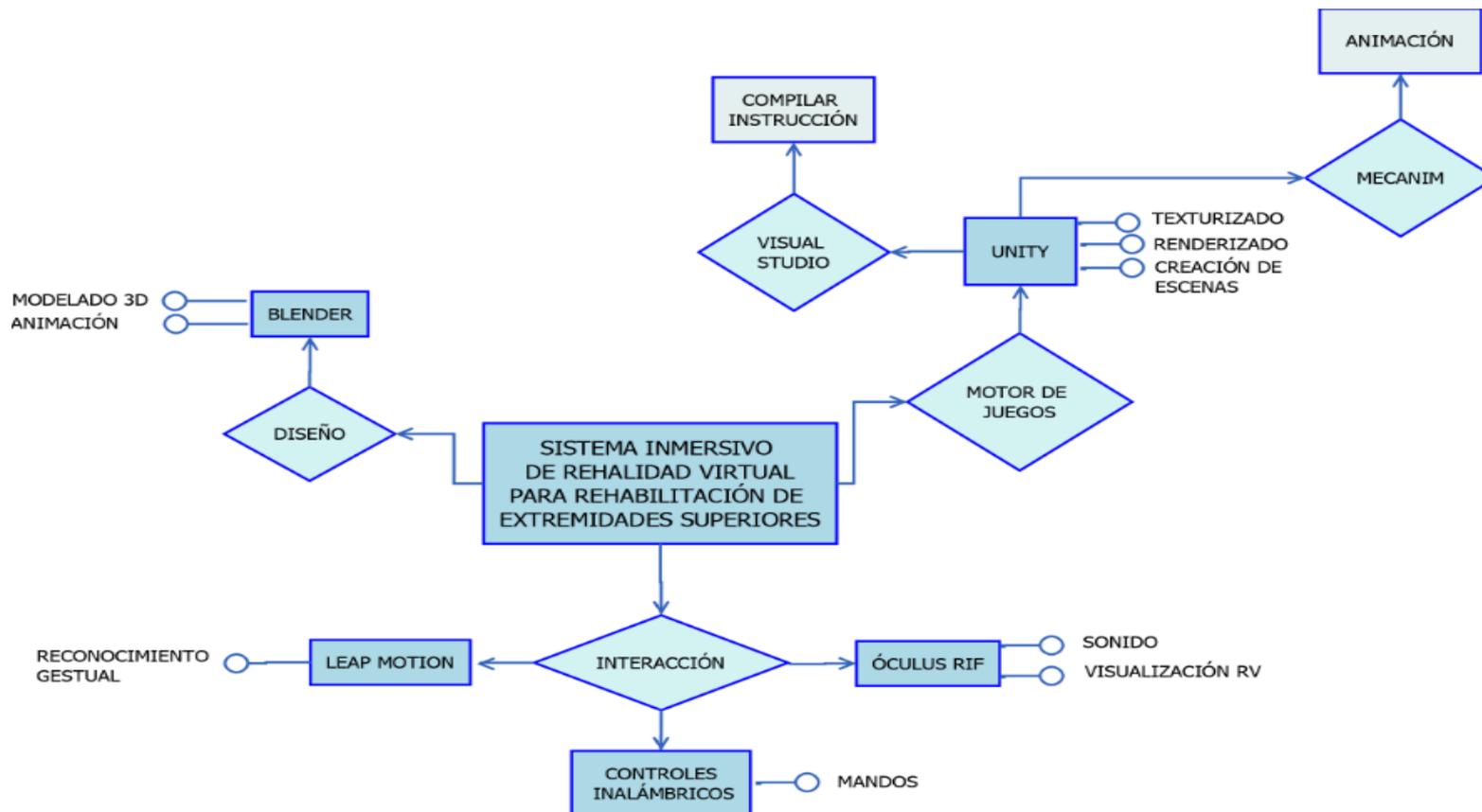
DISPOSITIVO SENSOR DE GESTOS

Fácil instalación y portabilidad	Buena respuesta al movimiento (Delay)	Compatible con motor de desarrollo
Duración de uso	Costo accesible	Interacción sencilla

Figura 43. Parámetros de selección para sensor de gestos



RELACIÓN EXISTENTE ENTRE LAS TECNOLOGÍAS SELECCIONADAS

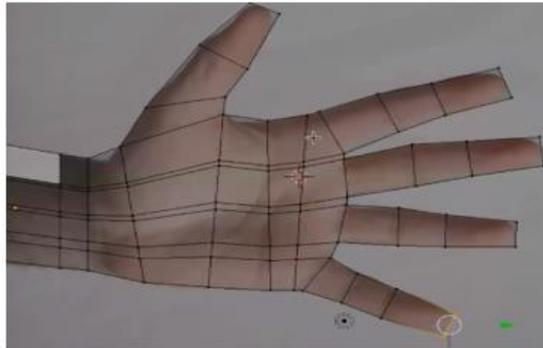


IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

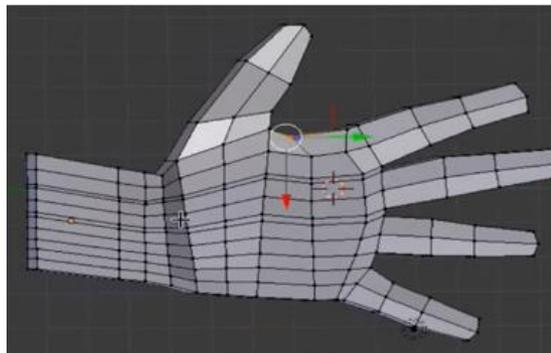
MODELADO DEL ANTEBRAZO Y MANO

Procedimiento sistemático basados en imágenes de referencia

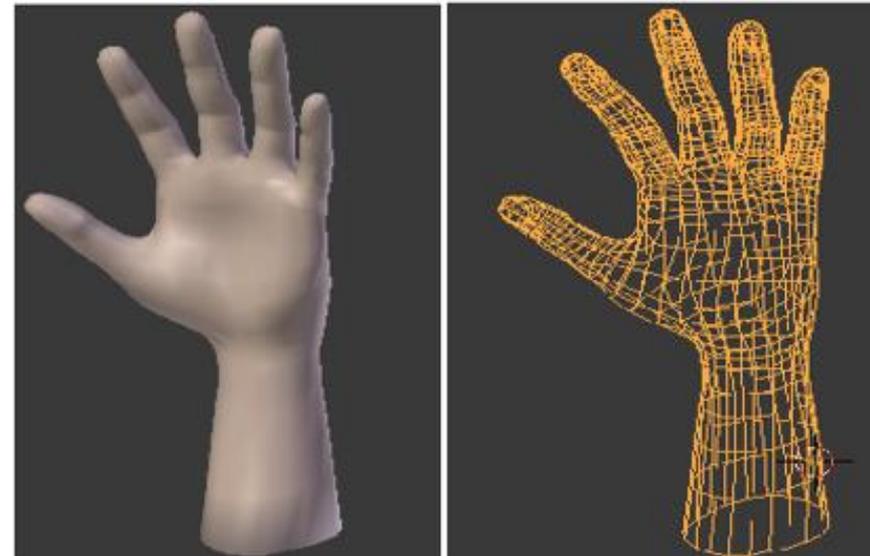
Primer boceto de la extremidad



Boceto con mayor cantidad de número de nodos



Modelado del antebrazo y mano

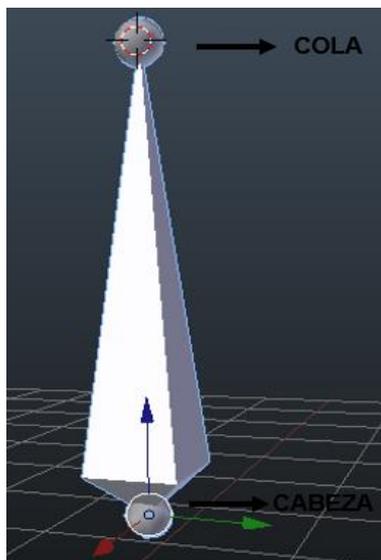


IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

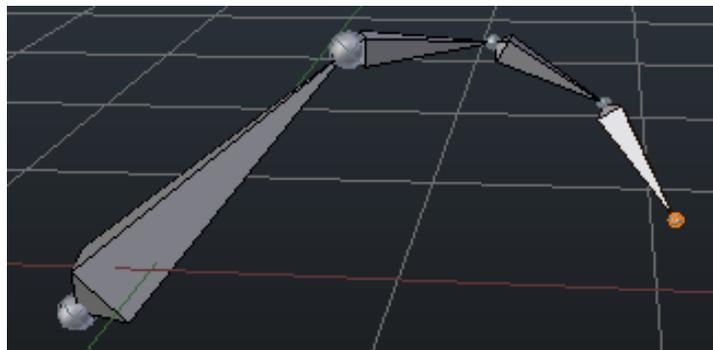
COLOCACIÓN DE HUESOS AL MODELADO

Los huesos son denominados como sub unidades y el conjunto de huesos componen un objeto calificado como esqueleto.

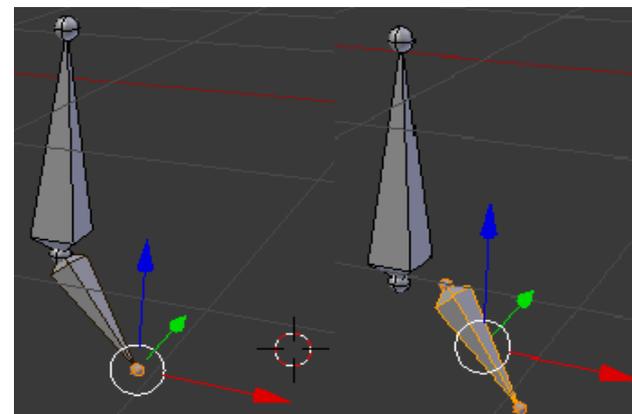
Partes de un hueso



Cadena de huesos



Huesos generados desde la cabeza



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

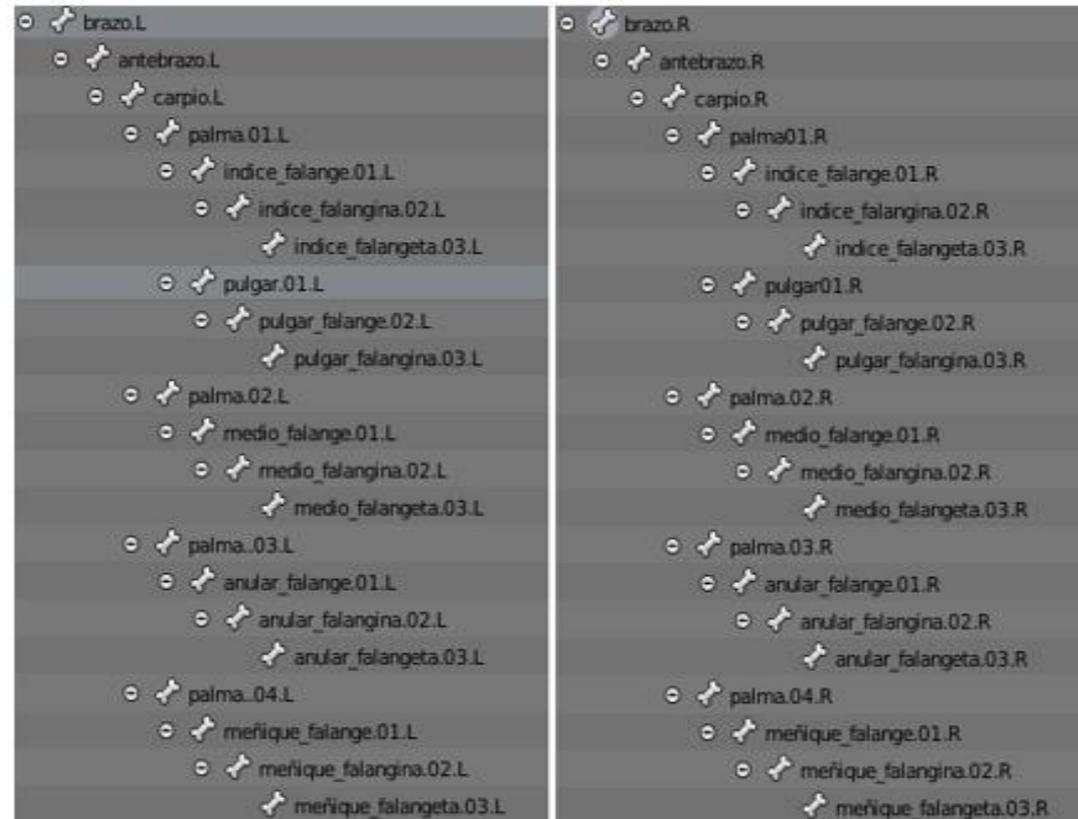
COLOCACIÓN DE HUESOS AL MODELADO



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

NOMENCLATURA HUESOS

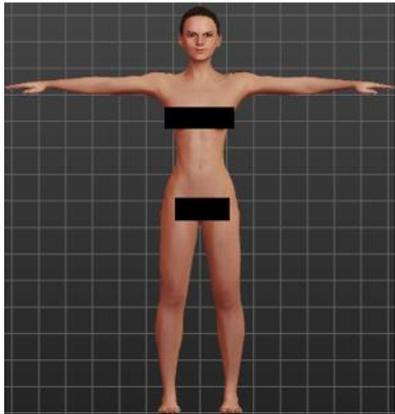
Si es la extremidad izquierda al final del nombre se coloca la letra "L" que representa left, y para identificar si es la extremidad derecha la letra " R" que representa right



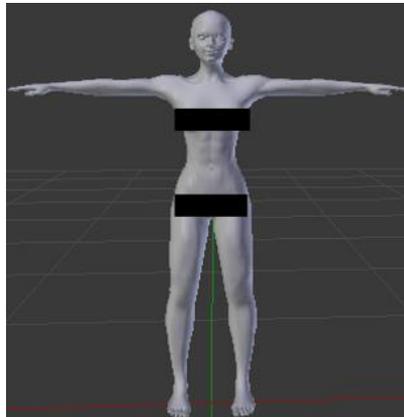
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

MODELADO DEL AVATAR DE BIENVENIDA

Avatar en
Make Human

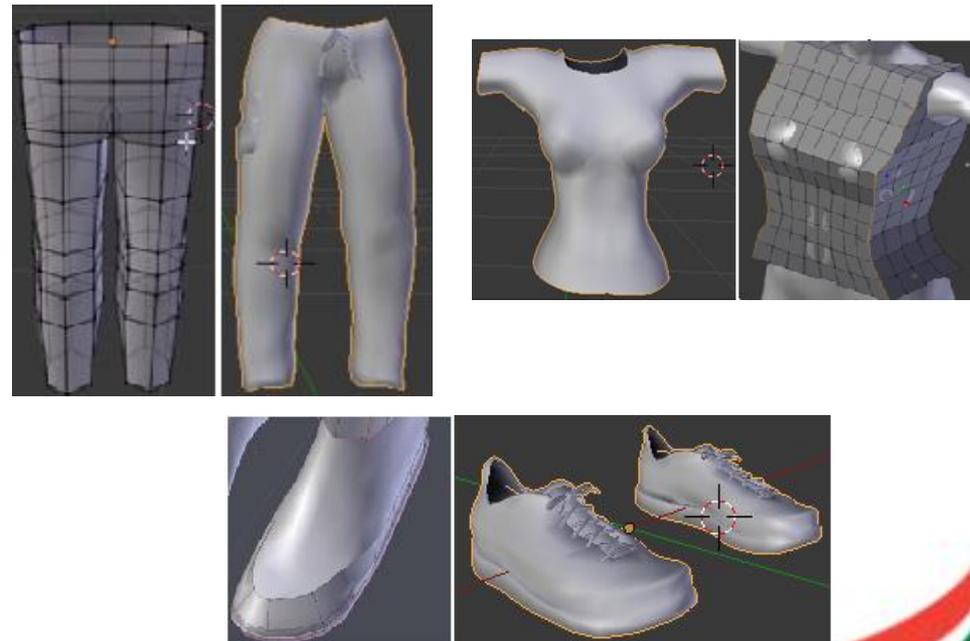


Avatar en
Blender



Exportar a Blender

Modelado de las prendas de vestir



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

MODELADO DEL AVATAR DE BIENVENIDA



Figura 89. Avatar con prendas de Vestir

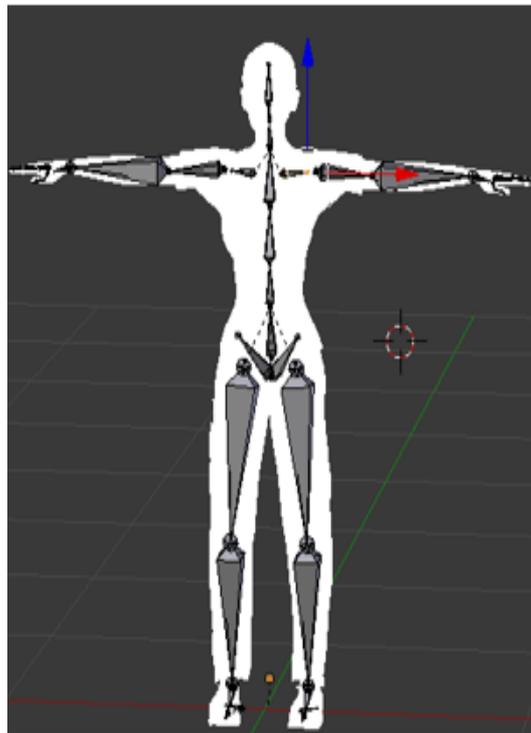


Figura 91. Avatar con esqueleto

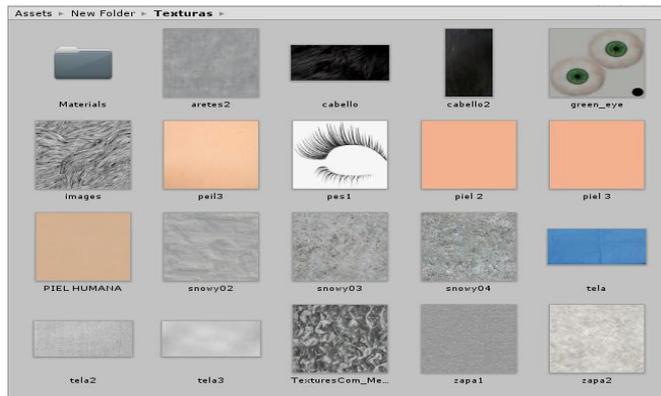


Figura 93. Posición de saludo

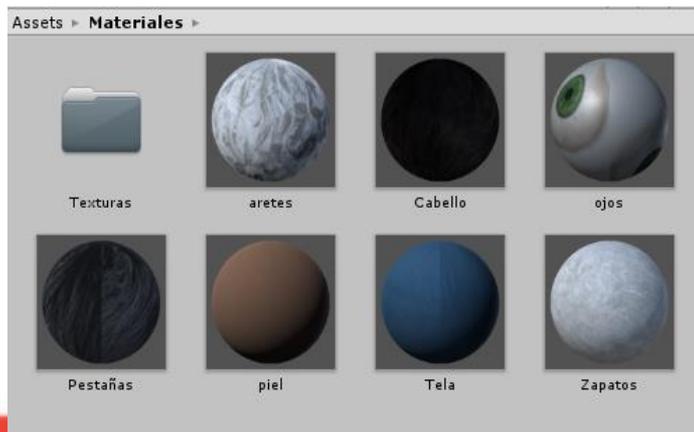
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

TEXTURIZADO DE AVATAR DE BIENVENIDA

Texturas importadas a Unity



Materiales creados



Avatar texturizada



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ VIRTUAL

Se debe instalar y configurar el software de Oculus Rift para y descargarse los módulos de desarrollo para Unity3D

CREACIÓN DEL MENÚ

Se observa el cursor temporizado sobre el botón en la Figura que se muestra a continuación

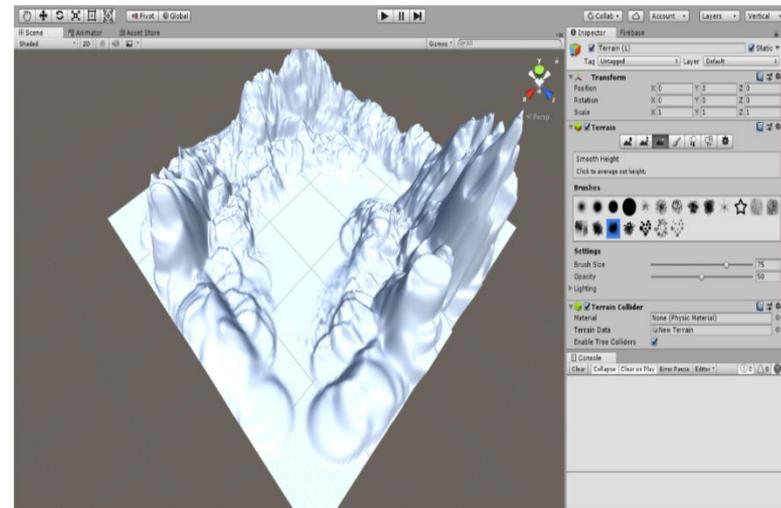
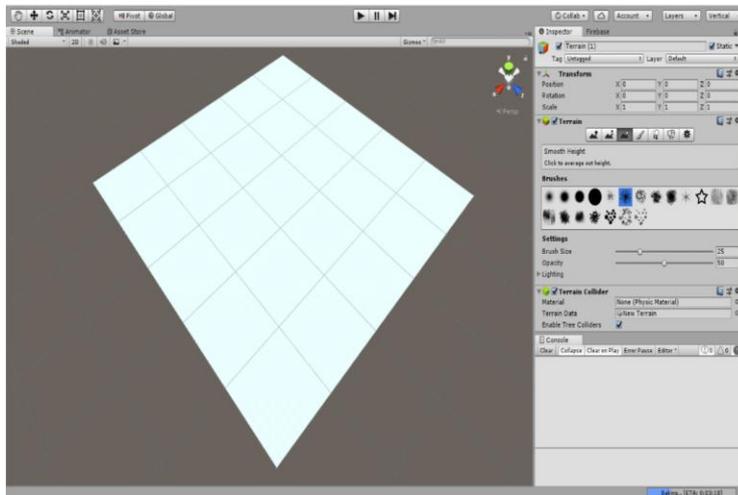


IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

CREACIÓN DEL AMBIENTE

Los entornos representan el lugar en donde el paciente realiza las actividades generando la sensación de inmersión y el atractivo para no abandonar la rehabilitación física

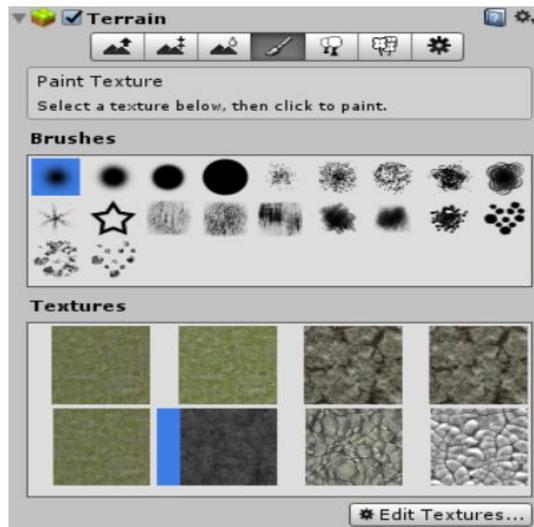
Se inicia creando un terreno vacío en la escena del Editor



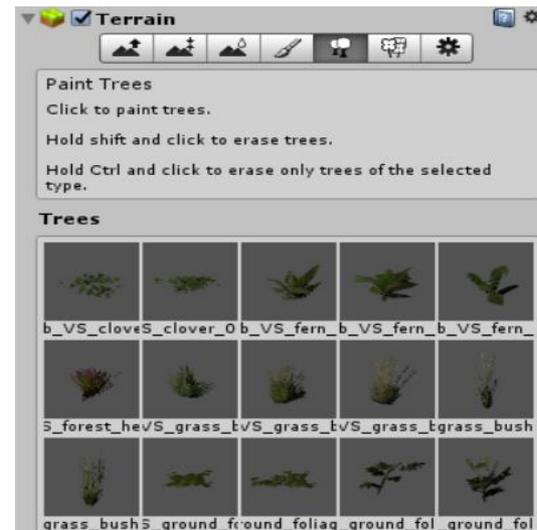
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

PAQUETES DE AYUDA

Paquete Standar
Assets incluidos en la
instalación del Editor



Elementos obtenidos
anteriormente en el
Unity Asset Store



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

CREACIÓN DEL AMBIENTE

Bosque



Isla



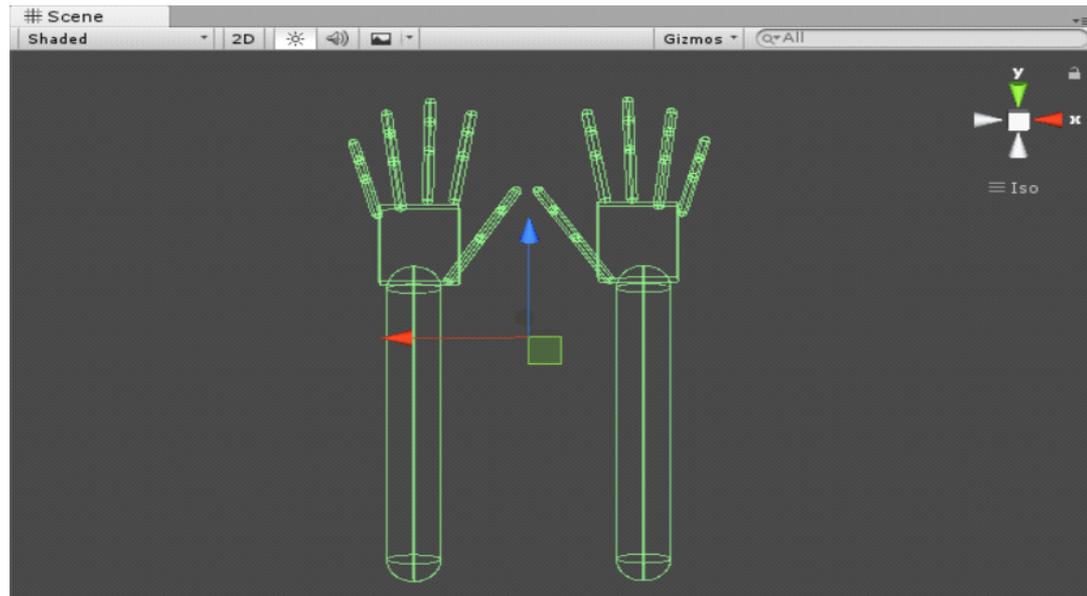
Desierto



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

IMPLEMENTACIÓN DEL RECONOCIMIENTO GESTUAL

Se importa en escena el prefabricado "LMHeadMountedRig" incluido en los módulos de desarrollo de Leap Motion el cual contiene la clase "Controller" y este a su vez contiene el acceso al conjunto de datos durante el rastreo de la mano.



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

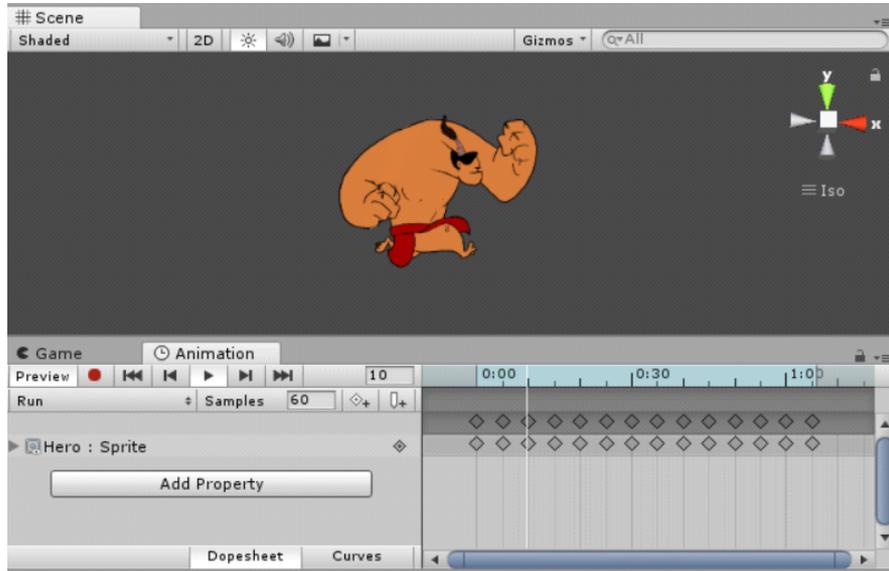
DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES DE REHABILITACIÓN

MOVIMIENTO DE MANO

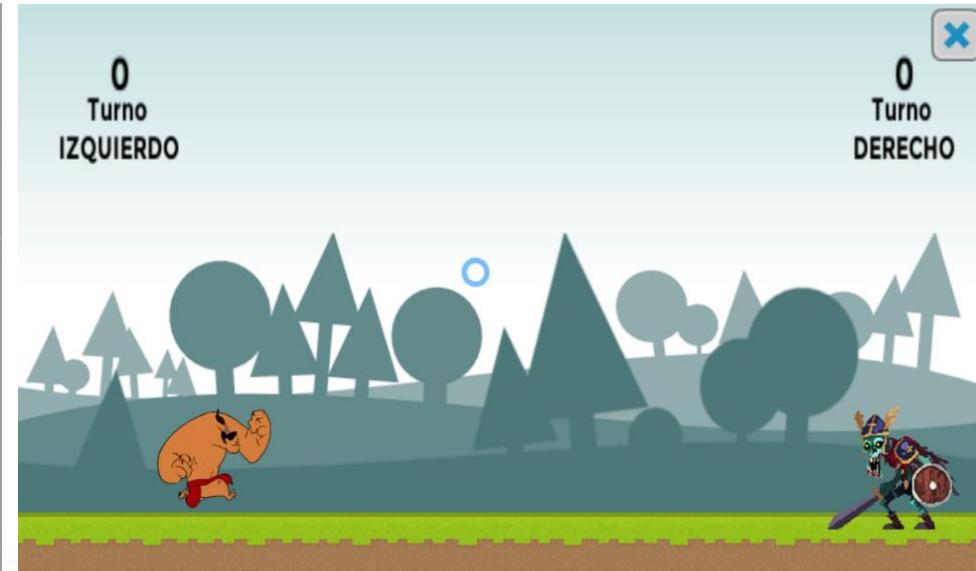
Flexo extensión de dedos

Esta actividad plantea realizar movimientos de flexo extensión del codo en conjunto con un deslizamiento tendinoso, además, se realiza una integración de un entorno virtual 3D con mecánicas de desarrollo 2D.

Animación con Mecanim



Interfaz 2D

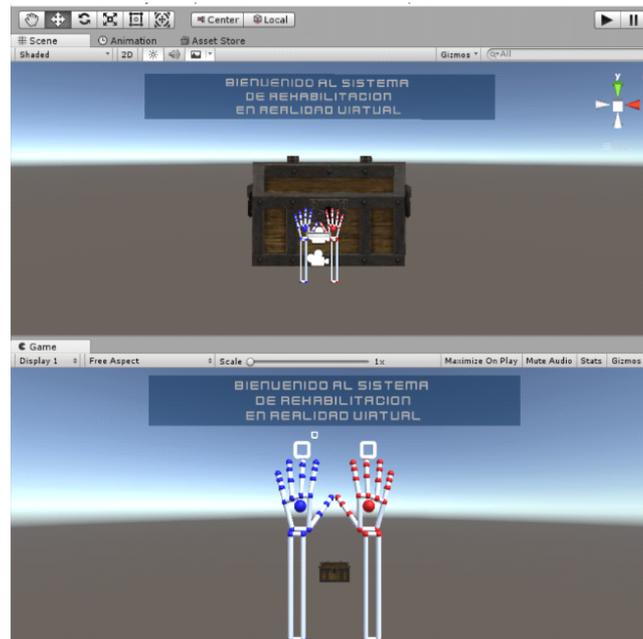


IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Giro de la muñeca

Se crea una que extraiga los ángulos Roll, Pitch, y Yaw de las dos manos detectadas por el sensor gestual y utilizar esta información para crear un control proporcional simple para mover un objeto en función al giro de la mano sobre su eje longitudinal.

Desarrollo previo de la actividad



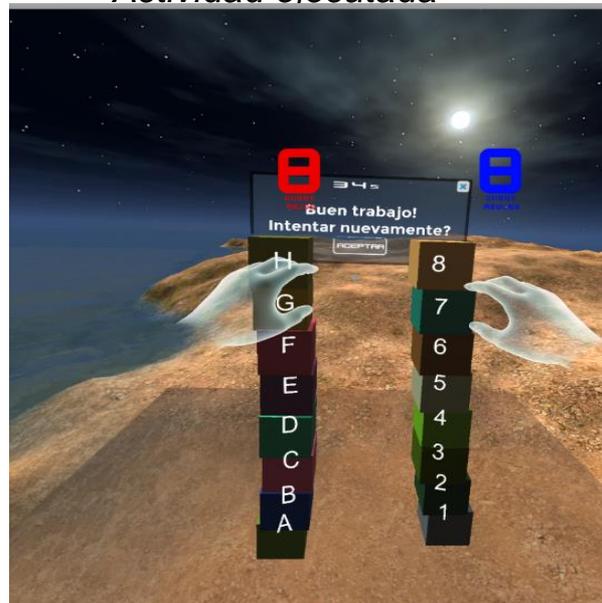
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

MOVIMIENTO INTEGRAL DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR

Movimiento integral de brazo I

Da la posibilidad de realizar de forma conjunta algunos movimientos como abducción, flexión, extensión movimiento rotacional y agarre, tomando en cuenta que la realización de esta actividad involucra el trabajo integral de todo el miembro superior.

Actividad ejecutada



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Flexo extensión de brazos

Tiene como objetivo lograr que el paciente realice un movimiento de flexo-extensión de sus brazos en su máximo rango posible y lograr medir cual ha sido la medida entre brazos del paciente al realizar este ejercicio.

Actividad ejecutada

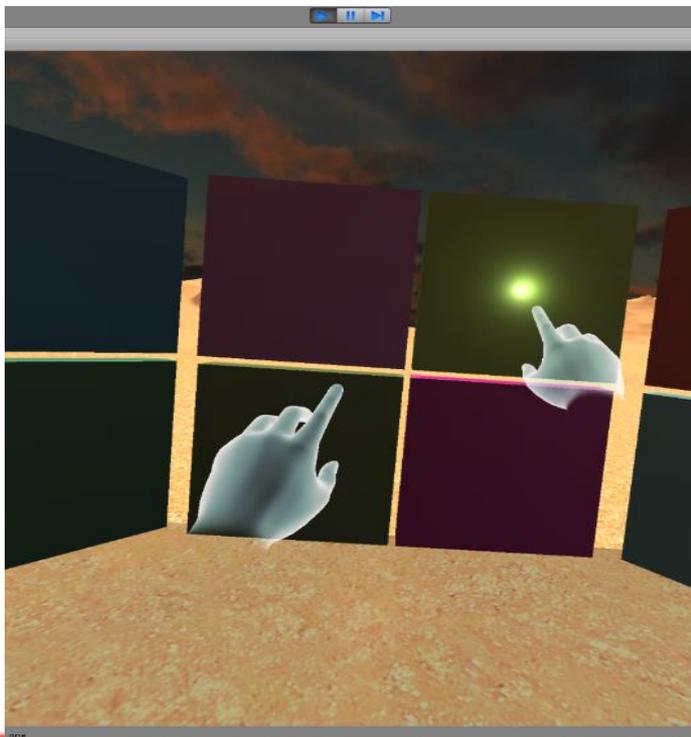


IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Movimiento integral de brazos II

Se crea un conjunto de veinte y cuatro paredes alrededor de la cámara si la mano detecta la colisión con la pared habilitada, esta última se destruye y se habilita la siguiente.

Actividad ejecutada



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Se integran de forma conjunta todas las fases de desarrollo del sistema.

Implementación del modelado 3D de las manos



PRUEBAS

VALORACIÓN MÉDICA

Con la Lcda. Paulina Zumbona, fisioterapeuta del hospital IESS Latacunga se determina los movimientos que se requieren durante las rehabilitaciones del miembro superior, además, en colaboración del Msc. Carlos Cardos, fisioterapeuta de la Clínica de Especialidades Santa Fe y funcionario del centro de tratamiento kinesiólogo y osteópata Pro Tsunki, y la Lic. Cristina Macías, Fisioterapeuta del hospital del IESS Sucua



PRUEBAS

EVALUACIÓN CON PACIENTES

En la Tabla 22 se detalla los criterios necesarios para que el paciente pueda ser apto para dicha investigación.

Tabla 22
Validación de criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Consentimiento para participar en la investigación	Problemas cognitivos graves
Mayor 40 años	Trastornos de la comunicación
Afección de ictus isquémico y/o déficit de movimiento en extremidad superior	Afección de ictus hemorrágico
Independiente	Discapacidad previa
Tratamiento ambulatorio	Padecer de enfermedad catastrófica

PRUEBAS

PACIENTES

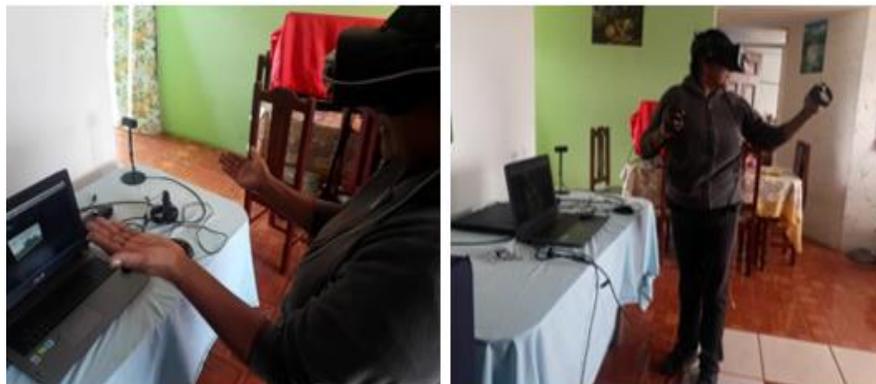
Paciente 1: Sr. Martha Ortiz



Paciente 2: Sr. Rosa Benavidez



Paciente 3: Sr. María Catota

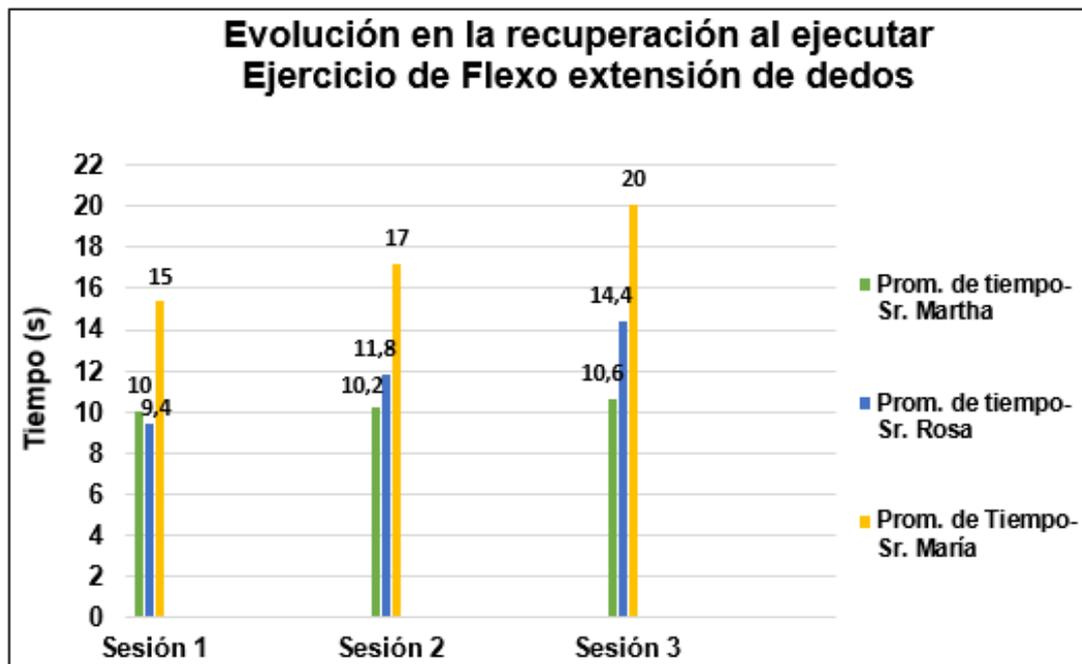


PRUEBAS

Se procede a realizar el monitoreo de las actividades en cada paciente para ello se ordena de acuerdo a la ejecución de los ejercicios y no por pacientes.

FLEXO EXTENSIÓN DE DEDOS

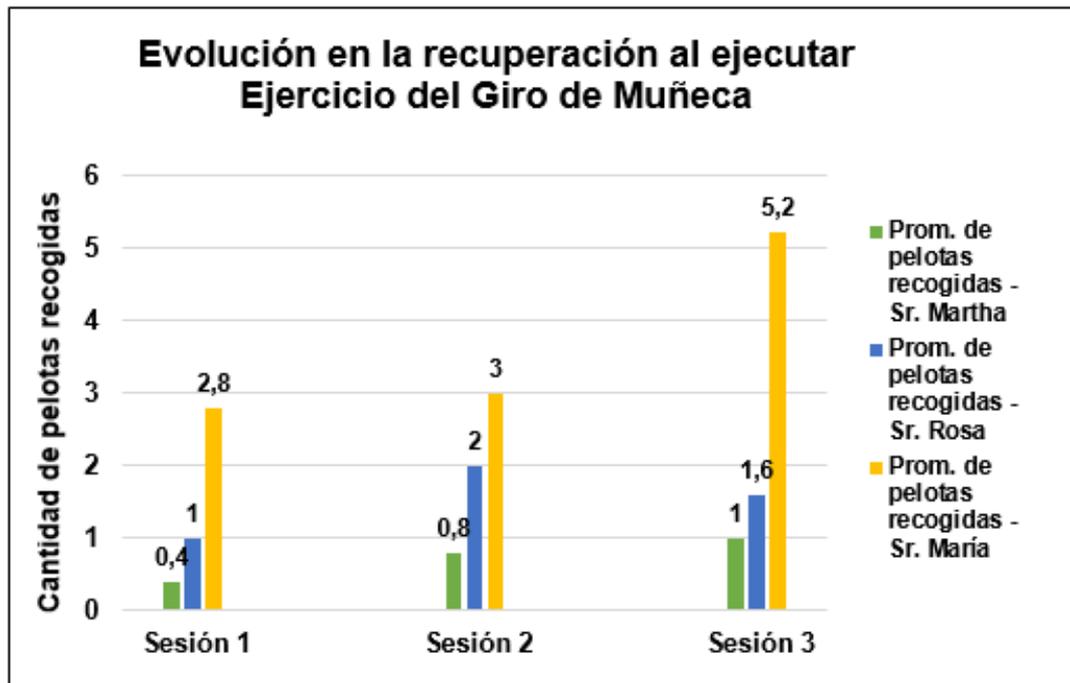
Este ejercicio tiene como objetivo es superar el máximo número de obstáculos con el cierre y la abertura de la mano



PRUEBAS

GIRO DE MUÑECA

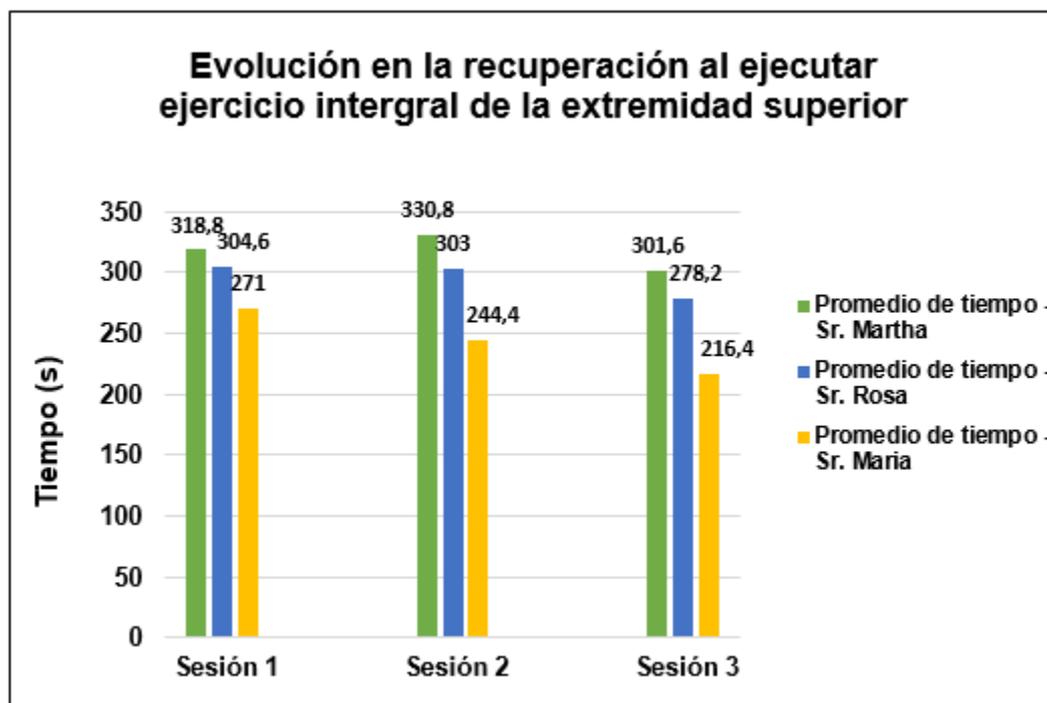
Esta actividad tiene como objetivo recolectar la mayor cantidad de esferas en el cofre para lograr el objetivo las manos del paciente deben ser colocadas extendidas con las palmas hacia abajo y girar la muñeca



PRUEBAS

MOVIMIENTO INTEGRAL DEL BRAZO

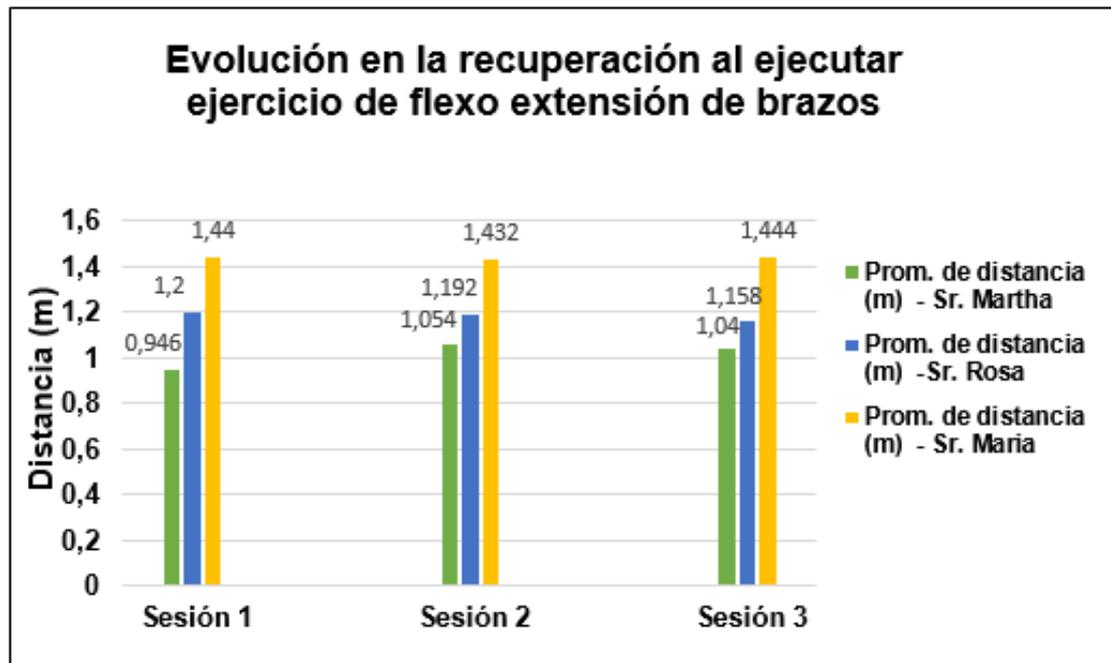
Esta actividad tiene como objetivo ir ordenando una serie de dieciséis cubos divididos entre ocho



PRUEBAS

FLEXO EXTENSIÓN DE BRAZOS

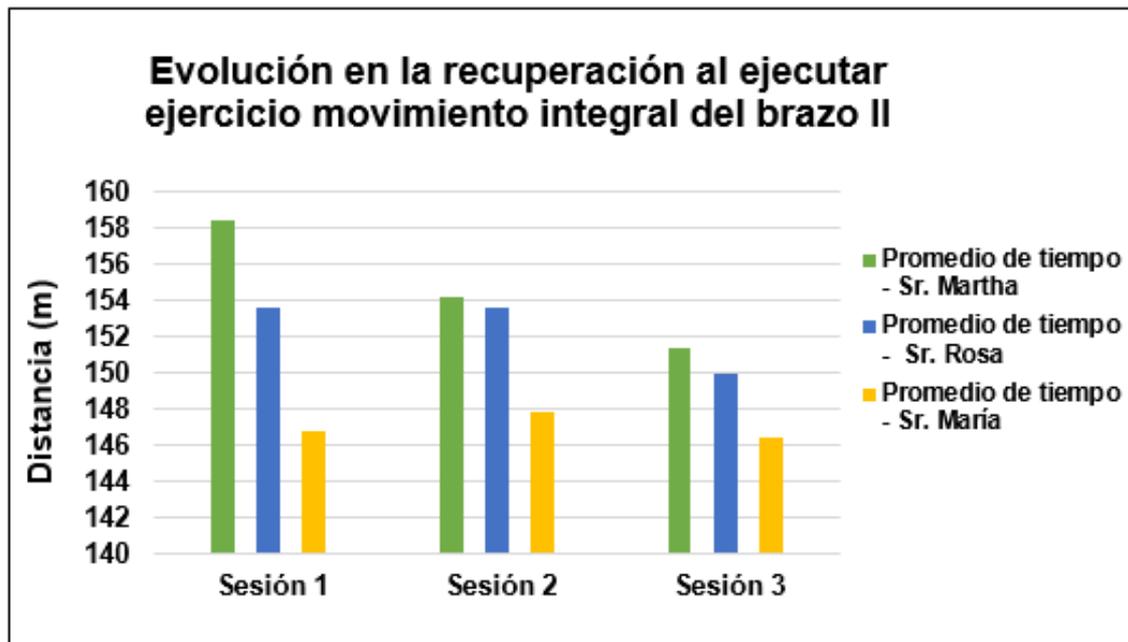
El objetivo que con lleva esta actividad es de extender los brazos lo más que pueda el paciente



PRUEBAS

MOVIMIENTO INTEGRAL DE BRAZOS 2

Esta actividad tiene como objetivo ir buscando los bloques que se encuentren iluminados y destruirlos con solo tocarlos.



CONCLUSIONES

- A lo largo de este proyecto se ha recopilado la información necesaria acerca de técnicas de detección gestual y las formas posibles para poder visualizar las extremidades superiores en un entorno virtual.
- Se logró modelar la extremidad superior con un alto nivel de realismo, así como el modelo humanoide del avatar de bienvenida y los escenarios virtuales en que los pacientes realizaron los ejercicios que contribuyen a su rehabilitación.
- Se realizó de forma exitosa la integración entre el modelado de la extremidad superior y el reconocimiento gestual de la mano, hecho que contribuye de forma sustancial a que la sensación de inmersión en los entornos virtuales se perciba de forma realista por parte del usuario.

CONCLUSIONES

- En base a la información recopilada a lo largo de esta investigación, se ha desarrollado actividades y ejercicios a manera de videojuegos que simulen actividades de la vida diaria que puede ser utilizada en el área de la fisioterapia como un método de ayuda en la rehabilitación de la capacidad motriz del miembro superior.
- Los resultados experimentales en pacientes con afección en el miembro superior muestran gran predisposición y entusiasmo al usar este tipo de herramientas para complementar el proceso de la recuperación motriz, clave de ello es el sentido de recompensa que puede generar realizar el ejercicio seleccionado.
- La implementación del sistema de rehabilitación de miembro superior en VR contribuye a la demostración de que este tipo de herramientas de desarrollo de software no sirven únicamente a la creación de video juegos y que pueden ser aplicadas en múltiples áreas del saber

RECOMENDACIONES

- El computador que ejecuta la aplicación en realidad virtual debe superar los requerimientos mínimos en capacidad de procesamiento gráfico (Nvidia GTX 1060 o superior) para garantizar una frecuencia de imagen mínima de 60 fps en la ejecución de la aplicación.
- El usuario o paciente deberá mantenerse siempre dentro del espacio delimitado (2mx2m) en la configuración de los sensores de tracking para no deteriorar la calidad en el censado y atender en contra de su integridad.
- Considerar que la incidencia directa de luz natural en los sensores afecta el tracking y el reconocimiento gestual, es por ello que se debe evitar que algún haz de luz alcance que puedan interrumpir el reconocimiento del modelo de las manos.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Gracias

