



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Diseño y construcción de un sistema de entrenamiento militar enfocado a polígonos de tiro mediante realidad virtual para mejorar la destreza del personal de las Fuerzas Armadas del Ecuador

### **Autores:**

Alvaro Taipe, Edgar German  
Guascal Vélez, Boris Julián

### **Directora:**

Ing. Constante Prócel, Patricia Nataly



# RESUMEN

El presente proyecto se basa en la integración de la tecnología orientada al uso de la realidad virtual de tipo inmersivo para la ejecución del entrenamiento del personal militar de la Fuerzas Armadas del Ecuador, principalmente enfocada en los polígonos de tiro, a través del diseño y la construcción de un simulador de realidad virtual, para lo cual se creó un prototipo similar a los utilizados en los entrenamientos reales, en el que se implementó los sensores y microcontroladores necesarios para poder llevar movimientos al ambiente virtual, y para poder tener una mejor experiencia se colocó un actuador que simula la sensación de disparo mediante un motor vibrador, en cuanto a la construcción del mando, el prototipo se diseñó mediante software CAD, se validó su diseño mediante cálculos analíticos y también mediante software de simulación CAE, este prototipo fabricó mediante impresión 3D, ya que cumplió con los requerimientos necesarios. El ambiente virtual fue creado mediante el motor de programación de videojuegos Unity, tomando en cuenta las especificaciones técnicas que deben tener los polígonos de tiro disponibles para el personal de las Fuerzas Armadas, en este software también se lleva el registro de la puntuación obtenida por cada usuario en cada sesión de entrenamiento para poder validar la eficiencia del mismo.

# OBJETIVOS

## Objetivos general:

Diseñar y construir un sistema de entrenamiento militar enfocado a polígonos de tiro mediante realidad virtual para mejorar la destreza del personal de las FF.AA.

## Objetivos específicos:

- Investigar sobre las características de los polígonos de tiro utilizadas en los entrenamientos militares, en donde se podrá disponer de polígonos de tiro virtuales para armas de calibre menor, para el entrenamiento de los miembros de las FF.AA.
- Seleccionar los sensores y actuadores necesarios para llevar a cabo una correcta interacción entre el usuario y la interfaz virtual, para los movimientos del usuario.
- Diseñar y construir un prototipo de mando similar a una real utilizada en entrenamientos en polígonos de tiro, para incrementar la capacidad de maniobra con las misma.

# OBJETIVOS

## Objetivos específicos:

- Diseñar un entorno virtual interactivo e intuitivo fácil de utilizar, que permita el desarrollo de las habilidades y destrezas necesarias para efectuar el entrenamiento de disparo.
- Desarrollar los algoritmos de programación que permitan la correcta conexión e interpretación de datos obtenidos por los sensores de posicionamiento del arma y el entorno de programación.
- Incrementar el grado de destreza que debe tener un miembro de las FF.AA. mediante el uso del simulador, para el cumplimiento de las operaciones de defensa del territorio nacional.
- Realizar pruebas simulador para verificar su eficacia.

# Realidad virtual

Se puede definir a la RV como la tecnología que a través de un visor transporta al usuario a escenarios virtuales, pero que tienen la característica de ser escenarios reales. En un principio se llamó RV inmersiva a la tecnología que para su ejecución requería de dispositivos electrónicos externos, en contraste la tecnología no inmersiva era aquella que se desarrollaba en entornos 3D, pero únicamente la interacción con el usuario se la realizaba a través de los periféricos del ordenador



# POLÍGONOS DE TIRO

Un polígono de tira es considerado como tal cuando reúne las características de tener los espacios, características y normas de seguridad que estén regulados por los entes pertinentes de cada país. Estos espacios pueden ser adecuados en terrenos que se ubican en las afueras de zonas urbanas debido a su peligrosidad, por lo que solo las personas que reúnan ciertas características psicológicas puedan acceder a ellos.

*Polígono de tiro de las FF.AA.*



*Nota.* La figura muestra un polígono de tiro utilizado por las FF.AA. del Ecuador.

# ARMAS UTILIZADAS POR EL EJERCITO ECUATORIANO

Existe gran variedad de marcas de fabricantes de armas que utilizan las FF.AA. del Ecuador, una de ellas es la Pietro Beretta 92 FS.

La Pietro Beretta es un arma legendaria, se la ha catalogado como la mejor pistola de servicio que ha sido utilizada por las fuerzas militares y policiales de varios países del mundo, una de sus características es que tiene gran capacidad de munición, además de un diseño ergonómico

*Pietro Beretta 92 FS*



*Nota.* La figura muestra un arma Pietro Beretta 92 FS



# ARQUITECTURA DEL DISEÑO

*Usuario*

*Mando*

*Computador*

*Entorno realidad virtual*

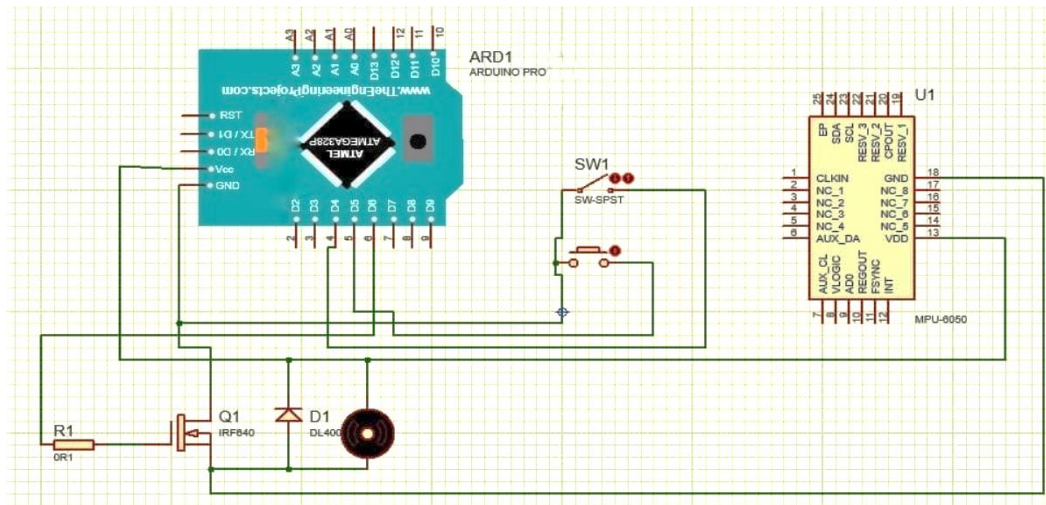
*Retroalimentación*





# DISEÑO ELECTRÓNICO

El diseño electrónico del mando está constituido por la tarjeta Arduino pro micro, encargada de la adquisición y procesamiento de las señales, un sensor IMU 6050 que detectará la posición del mando, motor vibrador que dará la sensación de pulsar el gatillo, micro switch y un pulsador utilizado para el gatillo y para recarga de munición, cabe recalcar que el sistema electrónico será alimentado por medio de cable USB conectado al computador ya que de esta forma también se comunica el mando con el entorno virtual, por lo no se requiere de una fuente externa.



# DISEÑO MECÁNICO

El prototipo de mando que fué diseñado se basará en las armas utilizadas en los entrenamientos reales del personal de las FF.AA. del Ecuador, como el polígono de tiro implementado con RV está enfocado para armas de calibre menor, se utilizará como guía la pistola Pietro Beretta 92 FS.

*Pietro Beretta 92 FS*



*Nota.* Adaptación de (Beretta, 2021).

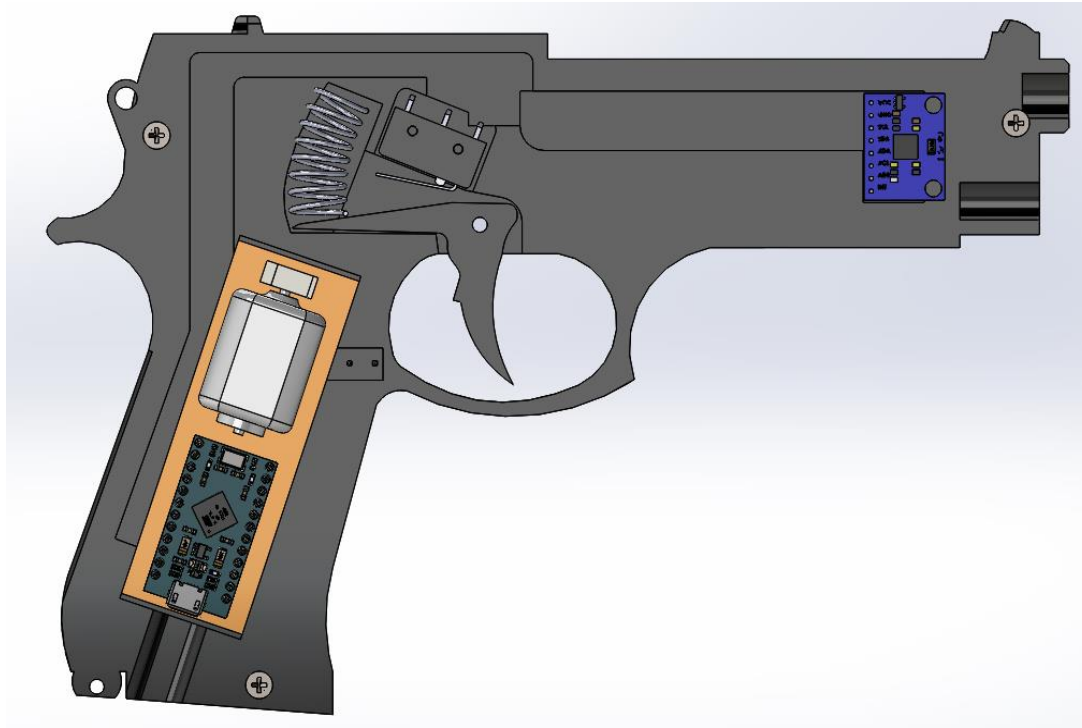
# DISEÑO MECÁNICO

En la figura se observa el mando diseñado



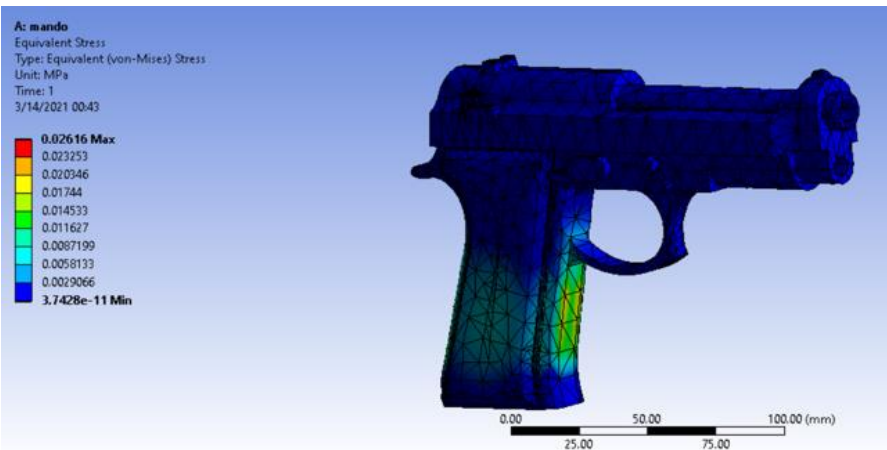
# DISEÑO MECÁNICO

Para el diseño se tuvo en cuenta las modificaciones que este debe tener para poder colocar la electrónica necesaria en su interior

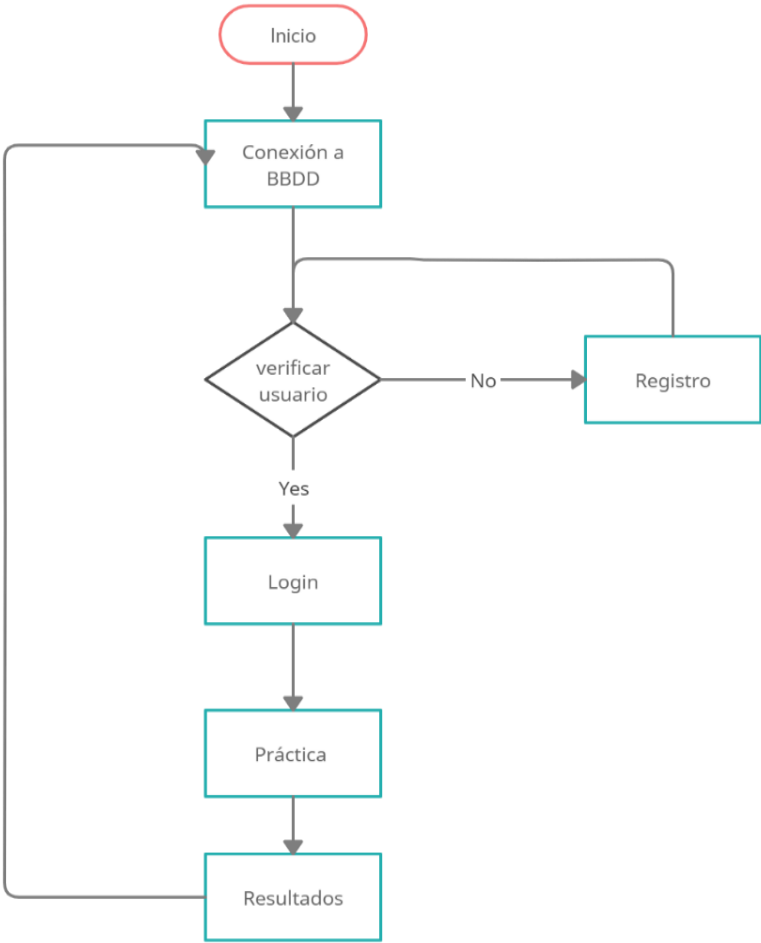


# ANÁLISIS CAE

Para el análisis de esfuerzos que se generarán sobre el mando, es necesario saber cuál es la fuerza que una persona puede generar con sus manos, entonces según la Revista Iberoamericana de la cirugía de la mano, esta tiene un valor promedio de 27 Kg (Lázaro, 2008).



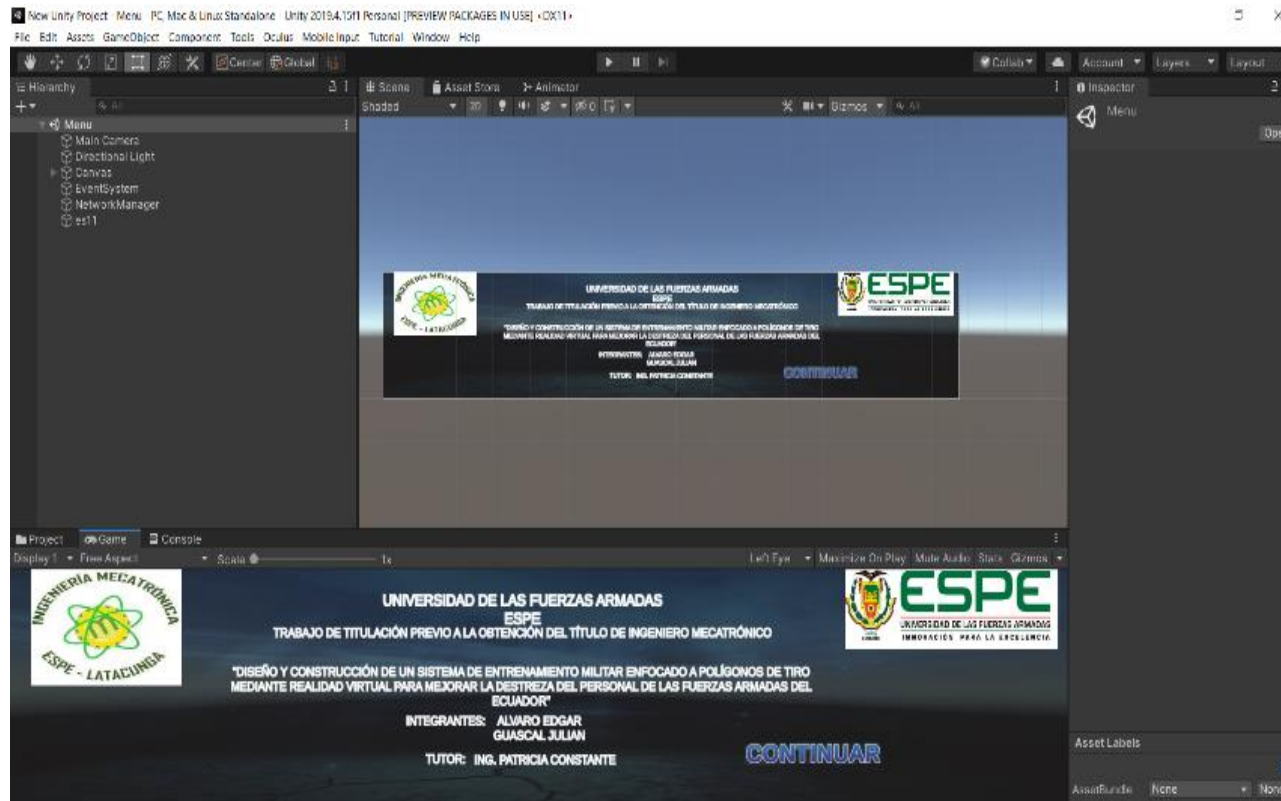
# DISEÑO DE LA INTERFAZ DE REALIDAD VIRTUAL





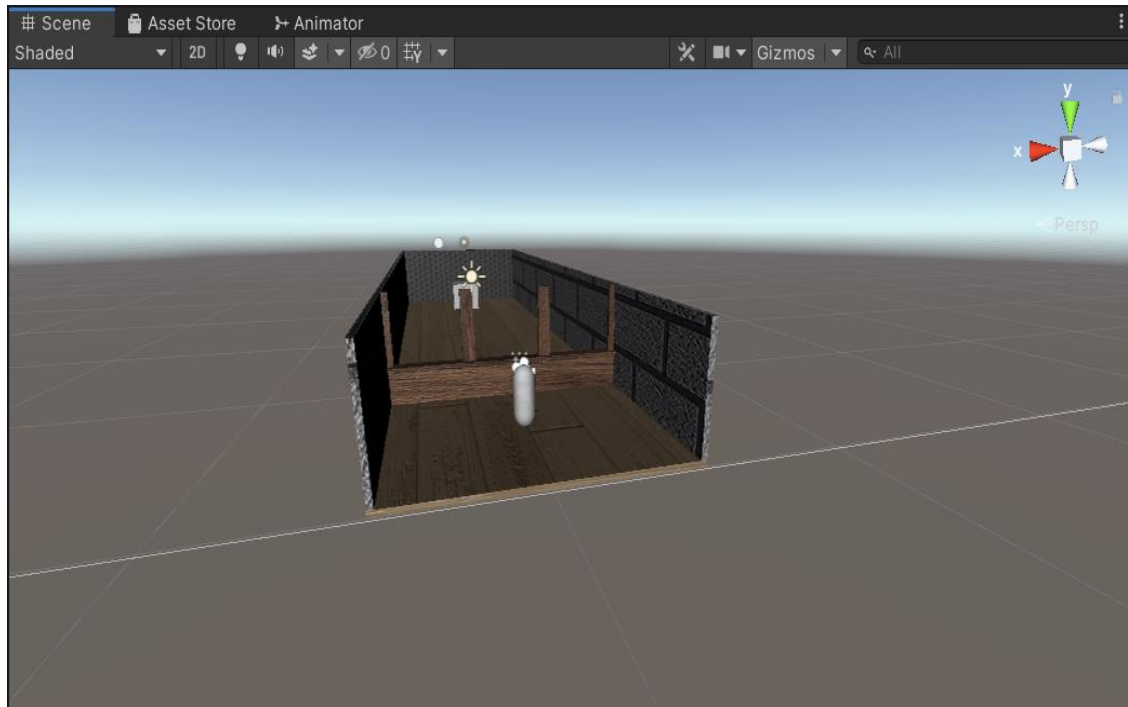
# DISEÑO DE LA INTERFAZ DE REALIDAD VIRTUAL

Para que el usuario pueda acceder a su registro es necesario cargar sus datos, en el caso de que no exista el usuario se lo deberá crear y esté será almacenado en una base de datos local.



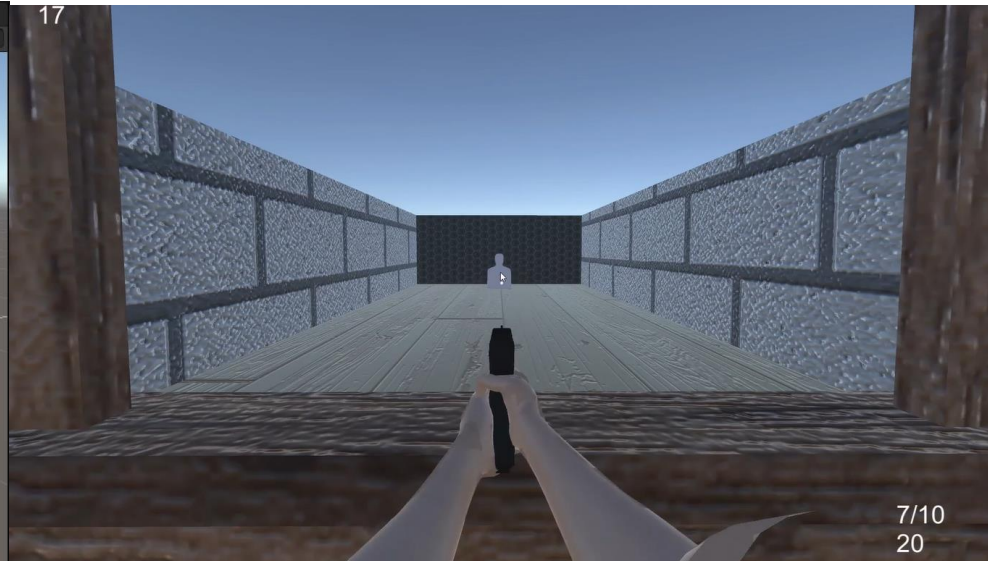
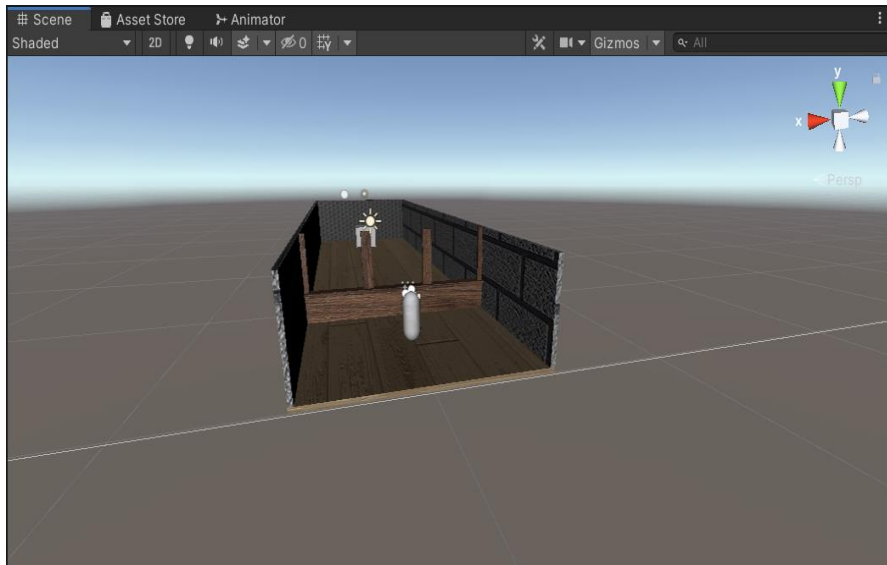
# DISEÑO DE LA INTERFAZ DE REALIDAD VIRTUAL

El polígono de tiro virtual desarrollado es una réplica de un campo de tiro controlado, tiene un área de 10x25m subdividido en tres carriles de disparo.



# DISEÑO DE LA INTERFAZ DE REALIDAD VIRTUAL

El polígono de tiro virtual desarrollado es una réplica de un campo de tiro controlado, tiene un área de 10x25m subdividido en tres carriles de disparo.



# PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas realizadas se planificaron a desarrollarse dentro de destacamentos militares a varios sujetos de pruebas, sin embargo, debido a la presente situación emergente producida por el Covid-19 han surgido varios inconvenientes para tener acercamiento con este recurso humano, debido a esto se ha visto la necesidad de utilizar sujetos de prueba distintos a los de la planificación.

Los sujetos expuestos a estas pruebas serán los encargados de validar la usabilidad, así como el funcionamiento correcto y eficiencia del sistema de entrenamiento virtual. Pese a los inconvenientes presentados durante la ejecución de este proyecto, los autores tuvieron acercamiento con instructores de las pruebas de disparo, los mismos quienes asistieron al equipo de trabajo en las pruebas y realización del sistema de entrenamiento virtual.

# PRUEBAS Y RESULTADOS

## Orientación del mando en posición neutral

COM7

```
14:05:47.464 -> Z = 0 Y = 0
14:05:48.485 -> Z = 0 Y = 0
14:05:49.456 -> Z = 0 Y = 0
14:05:50.481 -> Z = 43 Y = 0
14:05:51.461 -> Z = 140 Y = 0
14:05:52.475 -> Z = 0 Y = 0
14:05:53.460 -> Z = 0 Y = 0
14:05:54.485 -> Z = 0 Y = 0
14:05:55.506 -> Z = 0 Y = 0
14:05:56.473 -> Z = 0 Y = 0
14:05:57.501 -> Z = 0 Y = 0
14:05:58.477 -> Z = 4 Y = 0
14:05:59.500 -> Z = 15 Y = 0
14:06:00.514 -> Z = 17 Y = 0
14:06:01.492 -> Z = 16 Y = 0
14:06:02.515 -> Z = 17 Y = 0
14:06:03.493 -> Z = 17 Y = 0
14:06:04.516 -> Z = 17 Y = 0
14:06:05.500 -> Z = 0 Y = 6
14:06:06.525 -> Z = 0 Y = 7
14:06:07.503 -> Z = 0 Y = 0
14:06:08.536 -> Z = 0 Y = 0
14:06:09.513 -> Z = 0 Y = 0
14:06:10.537 -> Z = 0 Y = 0
14:06:11.515 -> Z = 0 Y = 0
14:06:12.540 -> Z = 0 Y = 0
14:06:13.521 -> Z = 0 Y = 0
14:06:14.551 -> Z =
```

Autoscroll  Mostrar marca temporal

Nueva lín





# PRUEBAS Y RESULTADOS

## Orientación del mando en movimiento

COM7

14:14:25.730 ->	Z = 0	Y = 189
14:14:25.822 ->	Z = 0	Y = 153
14:14:25.914 ->	Z = 0	Y = 0
14:14:26.005 ->	Z = 0	Y = 0
14:14:26.097 ->	Z = 0	Y = 289
14:14:26.236 ->	Z = 0	Y = 570
14:14:26.330 ->	Z = 0	Y = 0
14:14:26.425 ->	Z = 0	Y = 0
14:14:26.519 ->	Z = 0	Y = 0
14:14:26.612 ->	Z = 0	Y = 0
14:14:26.752 ->	Z = 0	Y = 87
14:14:26.843 ->	Z = 6	Y = 242
14:14:26.937 ->	Z = 62	Y = 394
14:14:27.030 ->	Z = 118	Y = 462
14:14:27.124 ->	Z = 172	Y = 270
14:14:27.264 ->	Z = 231	Y = 118
14:14:27.358 ->	Z = 295	Y = 201
14:14:27.451 ->	Z = 353	Y = 315
14:14:27.544 ->	Z = 402	Y = 514
14:14:27.638 ->	Z = 448	Y = 654
14:14:27.779 ->	Z = 492	Y = 550
14:14:27.873 ->	Z = 534	Y = 367
14:14:27.966 ->	Z = 580	Y = 212
14:14:28.058 ->	Z = 625	Y = 410
14:14:28.152 ->	Z = 669	Y = 574
14:14:28.292 ->	Z = 715	Y = 680
14:14:28.384 ->	Z = 766	Y = 745
14:14:28.476 ->	Z = 815	Y = 614





# PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas realizadas se planificaron a desarrollarse dentro de destacamentos militares a varios sujetos de pruebas, sin embargo, debido a la presente situación emergente producida por el Covid-19 han surgido varios inconvenientes para tener acercamiento con este recurso humano, debido a esto se ha visto la necesidad de utilizar sujetos de prueba distintos a los de la planificación.

Los sujetos expuestos a estas pruebas serán los encargados de validar la usabilidad, así como el funcionamiento correcto y eficiencia del sistema de entrenamiento virtual. Pese a los inconvenientes presentados durante la ejecución de este proyecto, los autores tuvieron acercamiento con instructores de las pruebas de disparo, los mismos quienes asistieron al equipo de trabajo en las pruebas y realización del sistema de entrenamiento virtual.

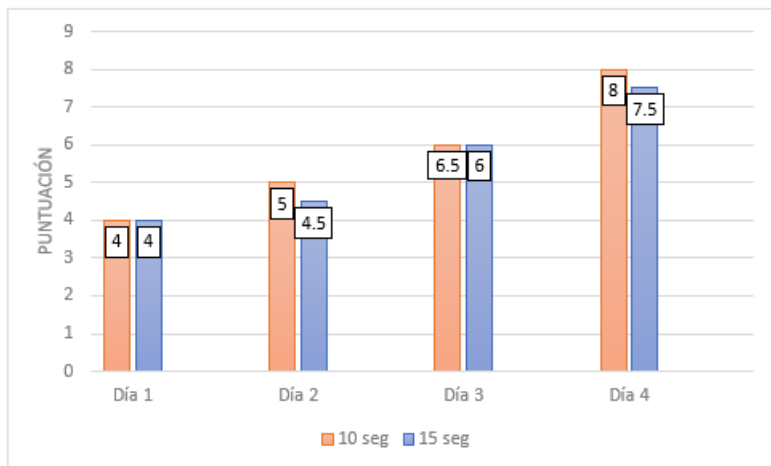
# PRUEBAS Y RESULTADOS

Los participantes realizaron las prácticas en 8 ocasiones, las pruebas fueron aplicadas dos veces por día con diferentes tiempos, cada participante tuvo un día de descanso entre cada práctica.



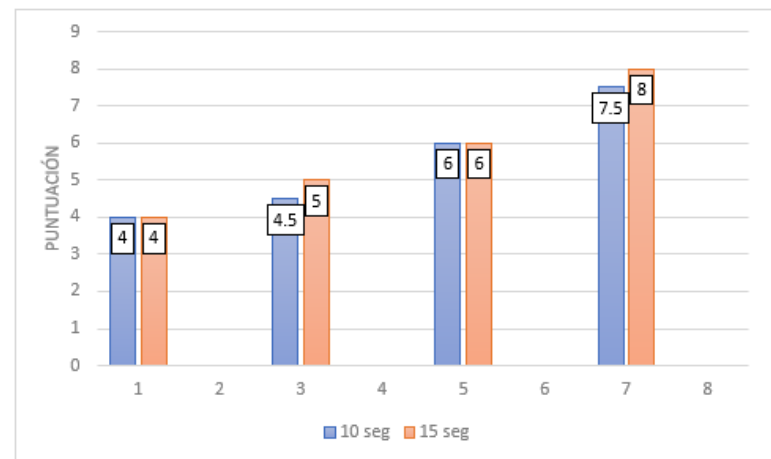
# PRUEBAS Y RESULTADOS

Resultados de la práctica del progreso del participante 1



Nota. Adaptación de encuesta realizada in situ, por Guascal, J. & Taipe, Á. 2021.

Progreso del participante 2



Nota. Adaptación de encuesta realizada in situ, por Guascal, J. & Taipe, Á. 2021.

# PRUEBAS Y RESULTADOS

## Validación de la hipótesis.

La hipótesis del sistema de entrenamiento virtual fue comprobada por el método del Chi-cuadrado

$$\lambda^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$\lambda^2 \text{ de tabla} \geq \lambda^2 \text{ calculado}$$

$$12.9893 \geq 12.017$$

La condición de aceptación de hipótesis fue cumplida, por lo tanto, El sistema de entrenamiento del personal militar mejora las destrezas de manipulación y utilización de armamento de fuego, sin la necesidad de exponer al elemento humano y la reducción de costos de capacitación, cabe recalcar que esta hipótesis fue validada con participantes voluntarios no incluidos originalmente en la planificación de pruebas.

# CONCLUSIONES

- El sistema de entrenamiento virtual permite simular el ejercicio de disparo conocido como *tiro precisión* mediante percepción visual con las Oculus y táctil a través del mando. la prueba de usabilidad SUS califico este proceso con 80 puntos, es decir, el sistema tiene un desempeño excelente najo esta ponderación.
- El polígono de tiro virtual desarrollado es una réplica de un campo de tiro controlado, tiene un área de 10x25m subdividido en tres carriles de disparo, de los cuales se utiliza uno, obteniéndose un entorno adecuado para que el usuario tenga una mejor experiencia al usar el sistema.

# CONCLUSIONES

- El cuanto, al desarrollo del mando, este se basó en armamento utilizado por el personal militar, este mando se diseñó mediante software CAD, se validó su resistencia mecánica mediante software CAE, en su interior se realizaron modificaciones para acoplar la electrónica necesaria para trasladar los movimientos que el usuario realice al entorno virtual, por lo que se utilizó un sensor MPU 6050 que es el encargado de sensar los movimientos del mando, esta información se procesó mediante una tarjeta de desarrollo Arduino Pro Micro, también se incluyeron dos accionamientos más, uno para la función de gatillo y otro para la función recargar el arma en el entorno de RV, además de contar con un motor vibrador para dar la sensación de disparo.



# CONCLUSIONES

- El mando de disparo es una réplica de arma de bajo calibre llamada Pietro Beretta FS 92 utilizada en campos de tiro militares, así como deportivos, el usuario pudo familiarizarse con el uso y manipulación de la misma.
- El test SUS en su numeral 3 indica el nivel de dificultad del uso del sistema, la puntuación alcanzada es de 4.5/5 lo cual indica que el sistema es intuitivo y puede ser usado por cualquier usuario.
- Se desarrolló han desarrollado algoritmos capaces de recibir y procesar la información proveniente del prototipo de mando diseñado, así como también de las gafas de RV, con el fin de brindar al usuario una experiencia de RV de tipo inmersiva, ya que los movimientos del mando acompañados del movimiento de la cabeza de los usuarios permitieron simular estar en un polígono de tiro real.

# CONCLUSIONES

- El sistema de entrenamiento virtual, al concluir satisfactoriamente las pruebas propuestas brinda al participante la capacidad de reconocimiento del dispositivo de disparo como lo es el mando similar a la Pietro *Beretta*, el uso de texturas realistas junto con la RV inmersiva permite al usuario la adaptación al polígono de disparo virtual.
- El test SUS aplicado a los participantes determinó que el sistema es completamente funcional ya que sus resultados indican una puntuación de 80 puntos sobre 100, además se validan estos resultados con la respuesta de Chi-cuadrado el cual confirmó la hipótesis planteada.

# RECOMENDACIONES

- El uso de las gafas de realidad virtual prolongado puede presentar complicaciones como mareo, se recomienda utilizar el sistema en periodos cortos, a la vez el sistema debe ser ocupado con prudencia por personas con afecciones como migraña o propensas a mareos.
- El sistema fue desarrollado en la versión más estable de Unity 2019. En el caso que se requiera modificar el sistema, no se debe actualizar las librerías de realidad virtual XR ya que ocasiona problemas de compatibilidad en sus últimas actualizaciones.
- El sistema de entrenamiento virtual debe ser utilizado como apoyo y familiarización para el entrenamiento del ejercicio de tiro de precisión controlado por tiempo, en ningún caso el sistema servirá como reemplazo a dicha actividad.
- Para el uso del sistema se recomienda tener un espacio adecuado, ya que el usuario al estar realizando la práctica de tiro realiza movimientos con la cabeza y manos, lo que puede provocar golpes al usuario o al sistema, pudiendo así provocar lesiones o daños.

# Gracias