



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Tema:

**SISTEMA DE ENTRENAMIENTO DE TIRO DE PRECISIÓN MEDIANTE
REALIDAD AUMENTADA PARA EL CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO
FORMATIVO "POLYGONO"**

Trabajo de Graduación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniera en Electrónica y Comunicaciones.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Programación y Redes

Autor: Estefani Karina Lucero Urresta

Tutor: Ing. Edgar Patricio Córdova Córdova Mg.

AMBATO – ECUADOR

Enero 2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema: SISTEMA DE ENTRENAMIENTO DE TIRO DE PRECISIÓN MEDIANTE REALIDAD AUMENTADA PARA EL CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO "POLYGONO" realizado por la señorita Estefani Karina Lucero Urresta, estudiante de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, enero 2020

TUTOR

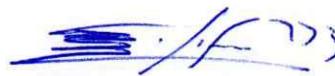


Ing. Edgar Patricio Córdova Córdova Mg.

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

El presente proyecto de investigación titulado: “SISTEMA DE ENTRENAMIENTO DE TIRO DE PRECISIÓN MEDIANTE REALIDAD AUMENTADA PARA EL CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO "POLYGONO””, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, enero 2020



.....
Estefani Karina Lucero Urresta

CC: 180521957-1

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato, enero 2020



.....
Estefani Karina Lucero Urresta

CC: 180521957-1

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes: Ing. Carlos Gordón Mg, Ing. Santiago Altamirano Mg, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “SISTEMA DE ENTRENAMIENTO DE TIRO DE PRECISIÓN MEDIANTE REALIDAD AUMENTADA PARA EL CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO "POLYGONO” presentado por la señorita Estefani Karina Lucero Urresta, de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.



.....
Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia Mg.
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



.....
Ing. Santiago Altamirano Mg.
DOCENTE CALIFICADOR



.....
Ing. Carlos Gordón Mg.
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

Cuando ilusiones forjadas con imágenes constantes de objetivos por cumplir se tornan en realidad, sólo puedo conceder el más respetuoso reconocimiento a la persona más importante de mi vida, mi mamá, por eso quisiera contribuir a su felicidad dedicando este Trabajo de Titulación a la autora de mis días, mi dulce y amada RUBY.

Estefani Karina Lucero Urresta

AGRADECIMIENTO

El tesoro más grande que posee una persona está en su familia, y la mía ha pincelado mis días de enseñanzas rebosantes de valor, pero sobre todo de solidaridad y empatía, mi más profundo agradecimiento a ellos, por llenar mi vida de alegría, por ser mi fortaleza y por su incondicional apoyo.

En el transcurso de este tiempo pude rodearme de personas espectaculares que convirtieron en importantes todos los momentos compartidos, un sentimiento de gratitud infinito a los amigos que hicieron de la estancia en la universidad una etapa llena de sonrisas y anécdotas inolvidables.

A mi alma máter por acogerme en sus aulas y compartir conmigo su conocimiento a través de docentes que supieron ser fuentes de enseñanza y también amigos.

Y, de manera especial al Cnel S.P Carlos Badillo, Presidente del Club Deportivo Especializado Formativo “POLYGONO”, al Instructor Carlos Sánchez y a Paola Badillo, quienes pusieron a disposición de la manera más cordial las instalaciones, instrucción e instrumentos necesarios para el desarrollo del presente Trabajo de Titulación.

Estefani Karina Lucero Urresta

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	i
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
DERECHOS DE AUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN EJECUTIVO	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes Investigativos	1
1.1.1 Contextualización del problema.....	4
1.1.2 Fundamentación teórica.....	6
Polígono de tiro.....	6
Armas de fuego de corto alcance	10
Ciclo de disparo de un arma de fuego.....	12
Trayectoria de un proyectil	13
Municiones.....	15
Blancos de tiro.....	19
Estrategias de tiro.....	20
Realidad aumentada	24
Plataformas de desarrollo de contenidos con R.A	25
1.2 Objetivos.....	27
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....	29
2.1 Materiales.....	29

2.2	Métodos	29
2.2.1	Modalidad de la investigación.	29
2.2.2	Recolección de información	30
2.2.3	Procesamiento y análisis de datos	31
2.2.4	Desarrollo del proyecto.	31
	CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
3.1	Análisis y discusión de los resultados	33
3.2	Desarrollo de la Propuesta.....	33
	Club Deportivo Especializado Formativo “POLYGONO”	33
3.2.1	Información general.....	34
3.2.2	Manipulación de armas de fuego.....	36
3.2.3	Requerimiento del Club Especializado Formativo “POLYGONO”.....	37
3.2.4	Análisis de factores y estrategias que intervienen en disparos de precisión.	38
	Fundamentos de tiro.....	38
	Factores externos:	38
	Estrategias tácticas:	41
3.2.5	Descripción del proyecto	44
3.2.6	Puntos referenciales clave para el sistema dentro del Club Deportivo Especializado Formativo “Polygono”.....	45
3.2.7	Análisis técnico del hardware.....	46
3.2.8	Análisis de software.....	51
	Selección de targets de realidad aumentada para Vuforia.	56
3.2.9	Configuración de Unity y Vuforia.....	58
3.2.10	Diseño de un proyecto de realidad aumentada en Unity.	63
3.2.11	Generación de una aplicación móvil con Unity.....	65

3.2.12 Control de luminosidad para el sistema.....	66
3.2.13 Scripts para el sistema de realidad aumentada.	67
3.2.14 Visualización en doble Pantalla.....	69
3.2.15 Servidor	69
3.2.16 Etapa de pruebas.....	70
3.3 Resultados.....	75
CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
4.1 Conclusiones	80
4.2 Recomendaciones.....	81
Anexos.....	87
Anexo 1: USO ADECUADO DE LAS ARMAS DE FUEGO.....	87
Anexo 2: MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL POLÍGONO DE TIRO	89
Anexo 3: ACUERDO MINISTERIAL EN VIGENCIA	90
Anexo 4: CARACTERÍSTICAS DE LAS PISTAS DE TIRO DEL CLUB	95
PISTAS	96
Anexo 5: SEÑALIZACIÓN DEL C.D.E.F. “POLYGONO”	97
Anexo 6: ENTREVISTA	99
Anexo 7: CÓDIGO PARCIAL DE VISUAL STUDIO.....	101
Anexo 8: FLUJOGRAMA DE FUNCIONAMIENTO.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ecuaciones para el movimiento parabólico	14
Tabla 2: Tabla de equivalencias.....	17
Tabla 3: Identificación de calibres y proyectiles.....	18
Tabla 4: Análisis de factores externos para la precisión del disparo	40
Tabla 5: Análisis de fundamentos de tiro.....	43
Tabla 6: Análisis de dispositivos para la visualización de A.R	46
Tabla 7: Comparación entre características generales de smartphones	49
Tabla 8: Comparación diferentes SDK para A.R.....	54
Tabla 9: Comparación marcadores que admite Vuforia	56
Tabla 10: Comparación de características del sistema AR con un polígono virtual.....	75
Tabla 11: Tabla de resultados de tiros acertados	76
Tabla 12: Precisión de disparos.....	77
Tabla 13: Precisión de tiros luego de usar el Sistema AR.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Polígono de Tiro	6
Figura N° 2 Elementos de un polígono virtual	7
Figura N° 3 Simulador de tiro VITRA	8
Figura N° 4 Polígono móvil	8
Figura N° 5 Polígono Físico	9
Figura N° 6 Pistola Pietro Beretta de 9 mm	10
Figura N° 7 Partes de una pistola.....	12
Figura N° 8 Ciclo de disparo de un arma de fuego.....	12
Figura N° 9 Trayectoria de un proyectil	13
Figura N° 10 Relación de parámetros de una parábola.....	14
Figura N° 11 Clases de municiones	15
Figura N° 12 Partes de una munición	17
Figura N° 13 Blancos o dianas de tiro	19
Figura N° 14 Postura isósceles	20
Figura N° 15 Postura Weaver	21
Figura N° 16 Posición de combate	21
Figura N° 17 Center axis relock (CAR).....	22
Figura N° 18 Ejemplo de realidad aumentada	24
Figura N° 19 Isotipo C.D.E.F. "Polygono"	34
Figura N° 20 Geolocalización C.D.E.F "Polygono"	35
Figura N° 21 Alineación y cuadro de mira correctos.	42
Figura N° 22 Arquitectura del sistema de A.R	44
Figura N° 23 Puntos estratégicos para el sistema	45
Figura N° 24 Casco de protección balística Safe Guard	48
Figura N° 25 Blanco móvil de siluetas	50
Figura N° 26 Pistola Pietro Beretta	50
Figura N° 27 Interfaz Unity	51
Figura N° 28 Instalación de Unity por medio de Unity Hub	52
Figura N° 29 Versión instalada de Unity	52

Figura N° 30 Paneles de Unity.....	53
Figura N° 31 Página principal de Vuforia Engine	55
Figura N° 32 Imágenes diseñadas para el sistema	57
Figura N° 33 Elementos 3D en Blender.....	57
Figura N° 34 Interfaz Visual Studio	58
Figura N° 35 Verificación de la instalación del SDK de Android.....	59
Figura N° 36 Selección soporte de AR	59
Figura N° 37 Licencia de Vuforia en Unity	60
Figura N° 38 Obtención de licencia en Vuforia.....	61
Figura N° 39 Puntos de reconocimiento de los marcadores AR.....	62
Figura N° 40 Importación del paquete de Vuforia.....	62
Figura N° 41 Marcadores AR en Unity	63
Figura N° 42 Tags y Elementos AR en Unity.....	64
Figura N° 43 Pruebas de funcionamiento de elementos AR en Unity	64
Figura N° 44 Flujograma de una APK de AR en Unity.....	65
Figura N° 45 Configuración de luz direccional en Unity	66
Figura N° 46 Flujograma para la realización de un script	67
Figura N° 47 Adición de scripts en Unity.....	68
Figura N° 48 Casco antibalístico con soporte	69
Figura N° 49 Interfaz del servidor	70
Figura N° 50 Contabilización de tiros en el blanco y corrección de postura	71
Figura N° 51 Casco de protección antibalística con soporte.....	72
Figura N° 52 Visualización de elementos de R.A	73
Figura N° 53 Pruebas del sistema	73
Figura N° 54 Pruebas de funcionamiento	74
Figura N° 55 Cuadro comparativo de tiros acertados	76
Figura N° 56 Gráfica comparativa de precisión de tiros.....	78
Figura N° 57 Precisión de disparos luego de usar el sistema.....	79

RESUMEN EJECUTIVO

La implementación de sistemas de entrenamiento de tiro de precisión mediante el uso de nuevas tecnologías permite mejorar las condiciones de entrenamiento en polígonos de tiro al aire libre, por esta razón el presente proyecto se centra en el análisis de factores y estrategias tácticas que intervienen en la precisión de un disparo con armas de corto alcance, para desarrollar con base en ello un sistema que introduce la realidad aumentada en el área técnico-defensiva de las pistas de entrenamiento del Club Deportivo Especializado Formativo “Polygono”.

El sistema de realidad aumentada desarrollado permite ampliar los puntos de visión en las miras de armas de corto alcance, para tener una alineación entre los puntos clave que intervienen en los disparos, modernizando así el método de entrenamiento, pero conservando las reacciones provocadas por la fuerza de retroceso que genera un disparo, de manera que no se afecta el proceso cognitivo del practicante, puesto que para actuar de manera eficaz dentro de un ambiente de combate es necesario recrear una conciencia situacional que permita generar una percepción, comprensión y previsión de elementos dentro del entorno táctico operacional, reduciendo así el tiempo de entrenamiento, su costo y a la vez alcanzando resultados satisfactorios en las prácticas de tiro de precisión.

ABSTRACT

The implementation of precision shooting training systems using new technologies allows the improvement of training conditions in open air shooting ranges. For this reason, the present project focuses on analysis of factors and tactical strategies involved in the precision shot with short range weapons, to develop with this study a system that introduces augmented reality in the technical-defensive area of the training grounds of the "Polygono" Specialized Training Sports Club.

The Augmented Reality system developed allows to expand the points of view in the sights of short-range weapons, to have an alignment between the key points involved in the shots, thus modernizing the training method, but retaining the reactions caused by the force of recoil generated by a shot, so that the cognitive process of the practitioner is not affected, since in order to act in a fine way within an environment it is necessary to recreate a situational awareness that allows for the generation of a perception, understanding and anticipation of elements within an operational tactical environment, thus reducing training time, its cost and at the same time achieving satisfactory results in precision shooting practices.

CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

El entrenamiento de tiro táctico es de vital importancia para la adecuada formación de organismos de seguridad, ya sean estos privados o estatales como, por ejemplo, el sector militar y policial. Para ello, los campos de entrenamiento, denominados polígonos de tiro, a nivel mundial cuentan con diversas estrategias tácticas para desarrollar diferentes habilidades en los practicantes, haciendo uso de varios recursos tecnológicos que ayudan a incrementar y mejorar destrezas al disparar armas con precisión y estrategia de tiro. [1]

En Ecuador, se utilizan simuladores de tiro guiado por láser y polígonos virtuales que recrean situaciones de asalto y rescate de rehenes para el entrenamiento del personal policial y militar, con el objetivo de reducir el costo de prácticas, la cantidad de municiones y gastos de un polígono físico, esta inversión oscila los \$150 000 en sistemas de entrenamiento VirTra y MiloRange, empresas norteamericanas cuyos sistemas cuentan con: armas láser, sistemas de proyección de objetivos virtuales y cámaras de video. [2]

El avance continuo de la sociedad en términos de seguridad requiere de un perfeccionamiento en métodos de defensa personal, tácticas policiales y militares, para ello los diferentes polígonos de tiro presentes en Ecuador se rigen a varias normas constitucionales del país y también a su propio reglamento de seguridad interna, con el pasar del tiempo se han adoptado sistemas electrónicos y mecánicos en los campos de tiro, incluso se han ido desarrollando diversos proyectos técnicos de investigación que acercan el entrenamiento táctico a un mundo tecnológico como los mostrados a continuación: [2]

Patricio Villalba en su trabajo de investigación en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador en el año 2015 bajo el tema "Gerencia de tecnologías de simuladores de polígonos de tiro" realizó un estudio y análisis profundo de los diferentes simuladores virtuales que existen en el mercado para el entrenamiento de tiro táctico, en donde, además, se analizan diferentes polígonos que utilizan realidad virtual en entornos cerrados, sus ventajas, costos, tecnología, capacidad de expansión, beneficios y puntos críticos para el entrenamiento policial y militar alrededor del mundo, muestra un enfoque de los diferentes tipos de tecnología utilizada en el ámbito de la defensa en Latinoamérica y en Ecuador.[1]

En el año 2014, Miguel Saona en su proyecto de tesis titulado " Diseño y construcción de un sistema mecatrónico, de detección de puntajes automatizado en blancos o dianas para un polígono de tiro, en la Universidad Internacional del Ecuador, demuestra que, mediante la implementación de un sistema mecatrónico es factible tener una valoración digital de la precisión de diferentes disparos utilizando mecanismos móviles horizontales que tienen 1m de alcance, municiones de CO2, microcontroladores PIC16F877A, sensores de fuerza resistivos (FSR) y sensores de posición controlados mediante una interfaz en LabVIEW. El proyecto se desarrolla en tres sistemas: mecánico, electrónico y de control y concluye que funciona satisfactoriamente para impactos medios con intervalos de tiempo regulares mas se torna impreciso en ráfagas de tiro con perdigones.[3]

La Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) en el año 2017 publicó el trabajo de investigación denominado "Incidencia de la utilización del polígono de tiro virtual y el mejoramiento en la eficiencia del tiro real en la Escuela Superior Militar Eloy Alfaro" su objetivo principal se basó en mejorar las habilidades de los cadetes en situaciones reales a través del entrenamiento en polígonos virtuales, fortaleciendo así el proceso formativo académico-militar; la investigación concluye en que utilizar un polígono virtual permite perfeccionar habilidades ante situaciones de combate, incrementa los conocimientos en el manejo y uso eficiente de diferentes armas, los riesgos de accidentes se minimizan, pero es indispensable una interacción práctica con armamento real en los entrenamientos. [4]

En el año 2018, David Israel Altamirano desarrolló su proyecto de titulación en la Universidad Técnica de Ambato bajo el tema “Bits de inteligencia empleando realidad aumentada orientado a la enseñanza del lenguaje infantil” ; es uno de los primeros trabajos de titulación en la institución que se enfoca en el desarrollo de un sistema de realidad aumentada que emplea bits de inteligencia para crear un tratamiento interactivo dirigido a niños que padecen trastornos del habla, para complementar el proceso de enseñanza de lenguaje infantil. El sistema consta de un panel de tres botones que al ser presionados recrean un estímulo sonoro o anímico del elemento virtual mostrado en la pantalla, con este sistema es posible realizar varias sesiones de terapia para niños entre 2 y 5 años. [5]

La realidad aumentada es una tecnología que se puede adaptar a todos los campos por la gran ventaja que representa, ya que amplía el campo de visión y favorece el proceso de enseñanza-aprendizaje, uno de las áreas con mayor beneficio de la utilización de realidad aumentada es el área de la educación, bajo esta justificación Álvaro Yáñez realizó un trabajo de investigación en la Universidad Técnica de Ambato en el año 2018 titulado “La realidad aumentada y su relación en los procesos pedagógicos en los estudiantes universitarios.” el objetivo principal de esta investigación fue analizar las diferentes áreas de conocimiento cuyos vacíos se complementan mediante el uso de entornos de R.A. [6]

Paúl Ochoa y Rodrigo Avilés en el año 2015 publicaron su trabajo de investigación para la obtención del título de Master en Geomática en la Universidad del Azuay denominado “ Modelo de realidad aumentada aplicado a la difusión de patrimonio” en donde se obtiene una recreación de varias edificaciones incásicas por medio de un gestor de imágenes destinado a utilizarse en dispositivos móviles con sistema operativo Android e iOS en un recorrido con ambientación en la época de apogeo del parque arqueológico “Pumapungo” en la ciudad de Cuenca, de manera que los usuarios pueden presenciar el entorno real que se les presenta adicionado con elementos virtuales que muestran construcciones y casas Acllawasi de la época permitiendo realizar una comprensión de los cambios que ha sufrido esta zona en el transcurso del tiempo, el reconocimiento de los elementos de realidad aumentada se dan a una distancia máxima de 50m y tiene una resolución baja en los entornos al aire libre, mientras que en entornos cerrados su calidad de imagen es alta. [7]

1.1.1 Contextualización del problema

El Club Deportivo Especializado Formativo "Polygono" es un centro de entrenamiento de tiro táctico en donde se perfeccionan las habilidades de los practicantes por medio de una instrucción técnica que logra un mejor desempeño en la ejecución de disparos de precisión y reacción, mas en cada entrenamiento se ha notificado también que, existe una pérdida considerable en la cantidad de municiones utilizadas, lo que es causado principalmente por imprecisiones en los disparos debido a alineaciones erróneas, con cálculos fallidos de trayectoria y posturas de disparo desacertadas, una adecuada postura del cuerpo proporciona una plataforma de tiro estable que asegura eficacia en tiros de precisión. [8]

Un correcto entrenamiento de tiro táctico domina: el desenfunde, empuñamiento, control del arma en secuencias rápidas y una adecuada visión del punto de mira; este último paso corresponde a la alineación del arma y es fundamental, ya que de ello depende la precisión del disparo; en la actualidad esta alineación es metódica y únicamente utiliza la visión natural del practicante para llevarla a cabo, situación que dificulta el entrenamiento puesto que la vista humana se enfoca en un solo punto de referencia claramente visible y las guías de mira de un arma de corto alcance logran una altura de 7 mm como máximo en armas de corto alcance, y en muchos casos, no tienen un alineamiento correcto debido al uso. [9]

El contratiempo con la altura de las miras referenciales de un arma de corto alcance radica en que, el observador debe prestar atención a tres puntos clave para realizar un tiro de precisión: el alza y guión ubicados en el arma, más el objetivo a distancia, pero la vista humana se enfoca exclusivamente en un único punto, haciendo que todo entorno alrededor se torne difuso, por lo que el guión se convierte en el objeto principal de observación y punto importante para realizar un tiro de precisión, entregando así la total responsabilidad de la eficacia de un disparo a la vista del practicante y a su postura, situaciones que, a distancias superiores a 15 m generan resultados imprecisos en el disparo y es uno de los limitantes cuando el entrenamiento avanza hacia la práctica de tiros de reacción. [9]

La alineación de los puntos de mira trabaja de manera conjunta con las diferentes plataformas estables de tiro que el practicante debe adoptar para asegurar la precisión de un disparo acorde a la situación en la que se encuentre y al retroceso que cause en su cuerpo la inercia de cada detonación, razón por la cual a pesar de que existen varias posturas estandarizadas de tiro táctico, los ángulos de las articulaciones varían según la reacción de la persona, la situación en la que se encuentre, y su rango de visión. [1]

El avance de la tecnología ofrece diversos métodos innovadores para obtener información contextual y poder representarla visualmente de manera natural no invasiva dentro de un polígono de entrenamiento de tiro, uno de estos caminos es el uso de sistemas de realidad aumentada, de manera que no se afecta el proceso cognitivo del practicante, puesto que para actuar con eficacia dentro de este medio es necesario recrear una conciencia situacional que permita generar una percepción, comprensión y previsión de elementos dentro de un entorno táctico operacional, reduciendo así el tiempo de entrenamiento, su costo y a la vez, alcanzando resultados eficaces en prácticas de tiro de precisión, manteniendo una interacción real con cada tipo de armamento, sus características físicas y sobre todo con la fuerza de retroceso que provoca el ciclo de disparo de un arma de fuego, resultado de la deflagración de pólvora dentro de la recámara del arma. [10]

Desarrollar un sistema que mediante realidad aumentada permita tener un enfoque claro y distintivo de los puntos de alineación necesarios para realizar disparos de precisión utilizando miras objetivas en un entrenamiento táctico dentro del Club Deportivo Especializado Formativo "Polygono" contribuirá con una formación más prolija de los practicantes, superará las limitantes de visión, ya que la vista humana se enfoca en un solo punto de referencia clave, reducirá el número de municiones desperdiciadas por tiros imprecisos o fallidos, aportará un ente de apoyo a los instructores para la corrección de las diferentes posturas de disparo y brindará un entorno real de adiestramiento ante situaciones de conflicto en donde el entrenamiento debe ponerse en práctica. [9]

1.1.2 Fundamentación teórica

POLÍGONO DE TIRO

Un polígono de entrenamiento de tiro es aquel campo o superficie física destinada a la práctica de diversas estrategias tácticas para el uso correcto de armamento de corto y largo alcance, airsoft, paintball y también para prácticas de tiro con arco y flecha, estos establecimientos pueden estar ubicados en entornos cerrados en donde se utilizan simuladores virtuales o en ambientes al aire libre que cuenten con estrictas normativas de seguridad interna. [11] En un polígono de tiro, se brinda capacitación e instrucción: en temas de balística, en seguridad de área, manejo, montaje, desmontaje, seguridad, desenfunde, empuñamiento, alineación de postura y mantenimiento de armas. [1] En la figura 1 se visualiza uno de los espacios de entrenamiento del Club Deportivo Especializado Formativo "Polygono".



Figura N° 1 Polígono de Tiro [9]

Clases de polígonos de tiro

Existen tres tipos de entornos en donde los polígonos de tiro pueden ubicarse, ya sea de manera permanente o de forma transitoria, estos se clasifican según sus características físicas, localización, espacio y también acorde a las facilidades, tecnología y servicios que ofrecen en el entrenamiento de tiro a practicantes e instructores; estos pueden ser: [11]

1. Polígonos virtuales: Son entornos que acoplan sistemas electrónicos desarrollados para simular y recrear situaciones de conflicto real e interacciones con víctimas y victimarios a través del uso de la tecnología, en donde el practicante requiere fomentar habilidades técnicas y psicológicas para tomar decisiones oportunas, con un simulador de tiro virtual cada disparo que se realice debe ser acertado y justificado, este entrenamiento se utiliza por lo general para el entrenamiento policial y militar. La figura 2 muestra todos los equipos y sistemas con los que debe contar un simulador de tiro en un polígono virtual para que sea confiable, controlado, completo y seguro. [2]

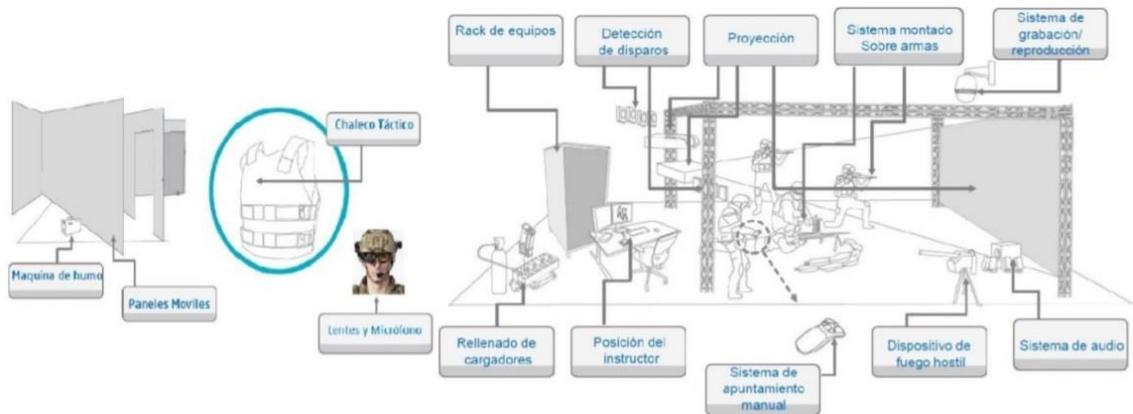


Figura N° 2 Elementos de un polígono virtual [2]

Los simuladores virtuales de tiro con mayor tecnología y demanda que existen en la actualidad en el mercado son los sistemas VITRA fabricados en Estados Unidos y los simuladores VICTRIX de origen español, estos simuladores son utilizados generalmente por las fuerzas de defensa de países europeos y americanos para el entrenamiento militar de cadetes y soldados a causa de la alta calidad de su entorno gráfico, el número de pantallas de cada sistema y la tecnología que utilizan. El precio de estos sistemas oscila entre los \$40 000 y los \$250 000 según las características de cada sistema. La figura 3 muestra un entrenamiento con un simulador de tiro VITRA. En Ecuador se desarrollan también simuladores virtuales láser como el sistema de entrenamiento de disparo ASTINAVE y el simulador virtual de tiro de ICR. [1]

Los polígonos virtuales de entrenamiento y simuladores de tiro se ubican en ambientes cerrados que cuentan con específicas normas de seguridad; por lo general utilizan tecnología láser para la simulación del disparo, un sistema de aire comprimido para la fuerza de retroceso del arma en el momento de la detonación, pantallas LCD para la visualización y sonido envolvente. En la actualidad a este tipo de polígonos de entrenamiento de tiro se han sumado también sistemas que utilizan realidad virtual. [1]



Figura N° 3 Simulador de tiro VITRA [1]

2. Polígonos Móviles: Son sistemas de entrenamiento ubicados en entornos que pueden ser transportados con facilidad, por lo general se adecúan en camiones, de forma que es posible contar un campo autónomo de entrenamiento en el lugar que se precise. Un ejemplo de este polígono se visualiza en la figura 4. [1]



Figura N° 4 Polígono móvil [1]

3. Polígonos al aire libre: Son aquellos polígonos de entrenamiento de tiro cuyas instalaciones se localizan en sitios alejados, son los polígonos más convencionales pero a la vez los que generan mejores resultados en los practicantes debido a la interacción física real con armas y sus detonaciones, cuentan con espacios y superficies adecuadas para realizar prácticas de tiro en donde estos no supongan un riesgo, la distancia entre el ejecutor y el objetivo oscila entre 10 y 100 m de distancia, y cuentan con estrictas normas de seguridad, regulación e instructores para cada entrenamiento. [1]



Figura N° 5 Polígono Físico [9]

Reglamento general de un polígono de tiro

Un polígono de entrenamiento de tiro se rige a un reglamento de seguridad que garantiza el adecuado desenvolvimiento de cada práctica, y además está sujeto a las normas y leyes dispuestas en cada región, en Ecuador, el Ministerio del Deporte controla el cumplimiento de la normativa, la cual menciona desde puntos de concesión de aprobaciones para el funcionamiento del polígono hasta las normas de seguridad interna que deben tener. [12]

Un polígono de tiro puede establecerse en Ecuador si cumple con los siguientes requisitos: autorización de tenencia de armas, estatutos actualizados y legalizados del club de tiro por parte del Ministerio de Deporte, nómina de directorio del club, inspección militar avalada, la autorización de tiene una vigencia de tiempo de cinco años y un costo de \$150.00 [13]

ARMAS DE FUEGO DE CORTO ALCANCE

Son armas de fuego que se utilizan para disparos de distancias cortas, menores a 100 m, son destinadas para el uso personal, tienen una menor potencia de disparo y retroceso, son manejables y se pueden utilizar con facilidad, en esta denominación se encuentran los revólveres y pistolas con municiones de diferente calibre. La diferencia entre una pistola y un revólver es que las pistolas son automáticas y tienen un sistema de alimentadoras para las municiones, mientras que el revólver utiliza una recarga a modo de tambor. [14]

El comercio de armas de corto alcance se realiza de acuerdo con leyes nacionales e internacionales y además debe ser autorizado por las autoridades tanto de países exportadores como importadores. En América Latina los principales países que fabrican armas de corto alcance son: Brasil, Argentina, México y Colombia; la figura 6 evidencia un ejemplo de una pistola Pietro Beretta de 9 mm utilizada en prácticas de tiro. [15]



Figura N° 6 Pistola Pietro Beretta de 9 mm [15]

El 58.9% de las exportaciones de armas fabricadas en América Latina tienen como destino final Estados Unidos, seguido por Reino Unido con un 6.3% y Colombia con el 5.4%. Según el centro de investigación de armas pequeñas y violencia armada "Small Arms Survey" se estima que hay 876 millones de armas de corto alcance en circulación en todo el mundo, de las cuales 650 millones son de propiedad privada, 200 millones de armas son propiedad de las fuerzas armadas y 26 millones de armas les pertenecen a las fuerzas del orden policial. Sólo en Estados Unidos existen 89 armas por cada 100 habitantes. [15]

Partes de una pistola

Una pistola, sin importar su tamaño, consta de tres divisiones universales: el mecanismo de acción que es donde se cargan, disparan y expulsan las municiones, el cañón que es el tubo de metal por donde pasa el proyectil y el armazón que es el mecanismo de soporte, cada uno de estos mecanismos está asociado con un conjunto de partes que hacen posible la detonación de las municiones, en la figura 7 se observan todos los elementos que conforman esta arma de corto alcance, los principales son detallados a continuación: [16]

- **Miras:** Son puntos de guía que deben alinearse para realizar disparos precisos, están conformados por: alza y guión.
- **Aguja percutora:** Es un metal alargado en forma de aguja que ejerce una presión sobre el fulminante del cartucho y acciona el disparo dentro de la recámara.
- **Recámara:** Es el área interna en donde se ubica un cartucho cuando la pistola está lista para realizar un disparo, esperando la acción de la aguja percutora.
- **Alma del cañón:** Es el canal interior por donde viajan los proyectiles en el momento de la detonación.
- **Seguro:** Es un aditamento mecánico ubicado en la parte superior del arma, su finalidad es prevenir disparos accidentales, debe ser colocado en la posición correcta que varía según la marca de la pistola cuando se vaya a realizar un disparo.
- **Cargador:** Conocido también como alimentadora, es el contenedor de las municiones, aloja hasta 15 cartuchos, tiene unos agujeros para verificar la cantidad de municiones con las que cuenta, y se inserta dentro del empuñamiento del arma.
- **Disparador:** Es la parte móvil que se presiona con el dedo índice para iniciar el ciclo de disparo, comúnmente conocido como gatillo, no requiere mayor presión por parte del dedo índice en el momento de la detonación.
- **Corredera:** Es la parte móvil situada encima del armazón de la pistola, a la que está sujeta por medio de rieles que le permiten un movimiento-desplazamiento longitudinal. Es la encargada de colocar las municiones dentro de la recámara con cada movimiento, sin esta acción no se realiza ninguna detonación del arma.

CICLO DE DISPARO DE UN ARMA DE FUEGO

En el proceso de disparo, primero se coloca el cartucho conformado por un casquillo y una bala en el interior de la recámara del arma, por acción de la corredera, al presionar el disparador, la aguja percutora impacta el fulminante del cartucho, produciendo una ignición de la sustancia interna que provoca la deflagración de pólvora, los gases se expanden en todas direcciones; como el lugar más débil del conjunto es la unión casquillo bala, esta se libera de su enganche y ya transformada en proyectil, empieza a moverse a través del cañón empujado por la expansión de los gases, el casquillo es expulsado también por la abertura en la corredera. En la figura 8 se observa este proceso. [17]



Figura N° 7 Partes de una pistola [16]

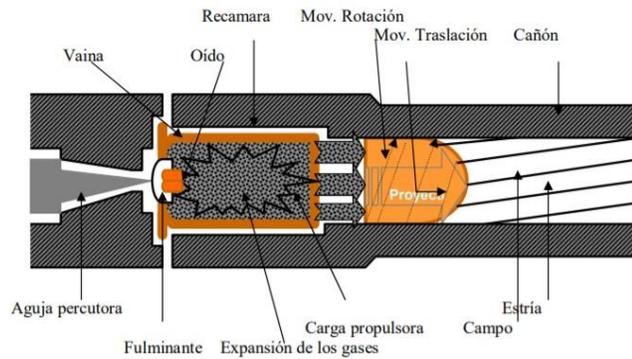


Figura N° 8 Ciclo de disparo de un arma de fuego [16]

TRAYECTORIA DE UN PROYECTIL

La trayectoria balística de un proyectil se toma desde el momento de su salida en la boca del cañón del arma hasta que tiene un impacto sobre un blanco, y es la trayectoria de vuelo que tiene el proyectil sometido únicamente a su propia inercia y a las fuerzas inherentes del medio en el que se desplaza, principalmente la fuerza gravitatoria. Cuando sobre el proyectil actúa únicamente la gravedad, la trayectoria balística es una parábola perfecta. Sin embargo, la presencia de otras fuerzas, tales como la resistencia aerodinámica de la atmósfera, la fuerza de sustentación, la fuerza de Coriolis que tiene relación con el efecto de la rotación terrestre, pueden alterar la trayectoria de las balas a distancias largas. [18]

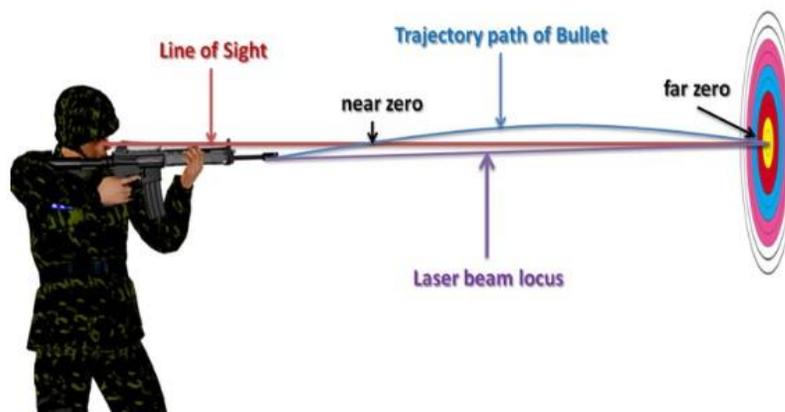


Figura N° 9 Trayectoria de un proyectil [18]

Galileo Galilei en su obra "Diálogo sobre los sistemas del mundo" en 1633 expuso que cuando se lanza un cuerpo a cierta velocidad, y este traza un ángulo con respecto a un eje horizontal, se describe una trayectoria parabólica como se observa en la figura 9, y el movimiento de dicho cuerpo es el resultado de la composición de dos movimientos simultáneos que obedecen al principio de independencia entre ellos, los cuales son: un movimiento horizontal uniforme, puesto que el móvil no tiene aceleración ni alguna en este plano y un segundo movimiento vertical uniformemente acelerado, en el que se considera la fuerza inicial y la acción de la fuerza de gravedad con signo negativo. [19]

Movimiento parabólico

El movimiento parabólico es un movimiento bidimensional en el que las variables de estudio son: desplazamiento, velocidad y aceleración, y se considera que la aceleración presente es siempre la fuerza de gravedad. Para que un cuerpo experimente un movimiento parabólico es necesario que la velocidad inicial y la aceleración formen un ángulo entre sí diferente a 0° , 90° o 180° . Hay que considerar que mientras menor sea el ángulo de lanzamiento con respecto al eje horizontal el desplazamiento del proyectil es mayor, y cuando el ángulo de lanzamiento con respecto a la horizontal es mayor el móvil alcanza una altura máxima pero un desplazamiento menor como se observa en la figura N°10. [20] Las ecuaciones del movimiento parabólico se muestran en la tabla N°1.

Tabla N° 1 Ecuaciones para el movimiento parabólico

Desplazamiento máximo	$X_{max} = \frac{V_o^2 \sin(2\theta)}{g}$
Altura máxima	$h_{max} = \frac{V_o^2 \sin(\theta)^2}{2g}$
Tiempo de vuelo	$t_v = \frac{2V_o \sin \theta}{g}$

Fuente: “Galileo y el principio de inercia” [19]

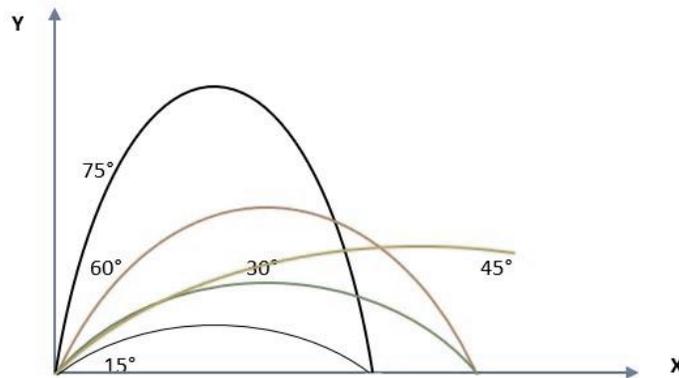


Figura N° 10 Relación de parámetros de una parábola [19]

Cuando un proyectil sale del cañón de un arma de fuego su punto de partida es la boca del cañón y representa el punto (0,0) en el plano de coordenadas, el arma se encuentra ubicada de manera paralela a la altura de la línea de visión del tirador y a la altura de sus ojos, por lo que la altura del movimiento parabólico que traza el proyectil es la menor, y a su vez el proyectil puede alcanzar un desplazamiento máximo ya que traza una trayectoria siempre cercana a la recta de la línea de vista como se observa claramente en la figura 9. [18]

MUNICIONES

Las municiones son objetos sólidos que son acelerados de forma mecánica rectilínea a manera de proyectil por acción de una combustión química dentro de la recámara del arma, son utilizadas para disparar armas de fuego en las que factores como: la velocidad que alcanzan al salir de la boca del cañón, el peso de cada munición, su forma y calibre son parámetros que causan daños severos en el objeto final que obstaculice su trayectoria. [21]

Existen diferentes variedades de municiones que se clasifican según el tipo de arma al que están destinados ya sean armas de corto o largo alcance y también según el elemento deflagrante que rellena el cartucho, que puede ser: pólvora (que es lo comúnmente utilizado) e incluso pueden contener agentes químicos o biológicos tóxicos. En la figura 11 se observan diferentes clases de municiones utilizadas en prácticas de tiro. [22]



Figura N° 11 Clases de municiones [9]

Partes de una munición

Todo tipo de municiones, ya sean para armas de corto alcance o largo alcance tienen el mismo principio de funcionamiento mediante la deflagración de pólvora interna y constan de las siguientes partes que se pueden visualizar en la figura 12. [23]

- **Casquillo:** Es la parte que asegura y mantiene unidos los elementos de la munición, es además el contenedor de pólvora; por lo general está cubierto con un barniz que evita que la humedad entre al cartucho, en la parte posterior posee un grabado del calibre de la munición, que no es más que la medida del diámetro interior del cañón y por lo tanto, el diámetro del proyectil a ser disparado. En el momento de la detonación la bala se separa del casquillo y este sale por la ranura que tiene la corredera de la pistola. [21]
- **Fulminante:** Corresponde al contacto primario que sirve para encender la pólvora o explosivo dentro del casquillo, es una protuberancia en la parte posterior de la munición con una alta sensibilidad al choque y a la fricción, un pequeño golpe por parte de la aguja percutora inicia el proceso de ignición, existen municiones que tienen percusión anular y otras que tienen el fulminante como una protuberancia central. [21]
- **Carga propulsora:** Es la pólvora que se encuentra dentro del casquillo, está compuesta por el 75% de nitrato de potasio, 15% de carbón vegetal y 10% de azufre, su objetivo es producir gas para expulsar el proyectil del cañón. [23]
- **Proyectil:** Son las balas que se desprenden del casquillo en el momento de la detonación, pueden ser construidas de un solo material homogéneo, por lo general plomo desnudo o a su vez pueden tener un núcleo revestido de cobre, alcanzan velocidades de 310 m/s en armas de corto alcance y de 610m/s en armas de largo alcance. La forma geométrica del proyectil puede ser: esférica, cilíndrica, ojival, cilindro-cónica, cilindro-ogival, y aerodinámica como se observa en la figura 11. [23]

Identificación de un proyectil

La identificación de un proyectil conduce al reconocimiento de un arma, el diámetro de estos se mide en milímetros o en pulgadas, y su peso en granos o en gramos, a continuación, se muestra la tabla N°2 que corresponde a los valores de equivalencias para las transformaciones y la figura N°12 que identifica las cuatro partes de un proyectil. [24]



Figura N° 12 Partes de una munición [17]

Tabla N° 2 Tabla de equivalencias

Equivalencias		
1 mm	0.03937	in
1 cm	0.3937	in
1 in	25.400	mm
1 pie	30.48	cm
1 Grano	0.0648	gr
1 gr	15.43223	granos

Fuente: Manual de Balística [24]

Las municiones para armas de corto alcance ya sean revólveres o pistolas, son fabricadas en una amplia cantidad de calibres y variedad de formas del proyectil final, la cantidad de formas en las puntas está basada en la función o finalidad del uso del arma, pueden ser: para prácticas de tiro al blanco, para tiro policial o para tiro defensivo. [23]

La capacidad de perforación de un proyectil es inversamente proporcional al calibre que posea, mientras menor calibre tenga la munición, su impacto es mucho mayor, la capacidad de neutralizar o derribar un objetivo no debe confundirse con la letalidad de una munición, ello depende también de otro tipo de factores como: el material de fabricación de la munición y cercanía del impacto final en áreas vitales. El calibre de una munición tiene por nomenclatura el sistema internacional en especial los milímetros y añade con una "x" la longitud del casquillo. [24]

Tabla N° 3 Identificación de calibres y proyectiles

Calibres y proyectiles				
Calibre	Pulgadas	Milímetros	Gramos	Granos
12	0.730	18.542	37.75	582.56
16	0.670	17.018	28.312	436.8
20	0.615	15.621	22.65	349.4
28	0.550	13.970	16.178	249.62
410	0.410	10.414		
9 mm			95	
38 Special			110	

Fuente: Manual de balística [24]

La tabla 3 muestra el calibre de las municiones más utilizadas junto con su diámetro y peso, cabe recalcar que el calibre de una munición es el diámetro que presenta el proyectil en su parte de mayor dimensión mas no el diámetro que pueda tener el cartucho. Los valores enteros de calibre que se muestran corresponden a la referencia con el número de esferas macizas de plomo del diámetro del ánima del cañón equivalentes a una libra, esta nomenclatura se utiliza para municiones de escopetas. [25]

BLANCOS DE TIRO

Para el entrenamiento de tiro se utilizan diversos tipos de objetivos o blancos colocados a distancia para lograr y evaluar una colocación correcta de impactos, que no es más que tener precisión en cada disparo, los blancos sirven para evaluar la efectividad con de cada tiro en un campo de entrenamiento, los blancos más usados son: [17]

- **Blancos de Anillos:** Son aquellos blancos que constan de círculos de diferente radio y un centro en común, de manera que forman anillos, cada espacio entre círculos tiene una puntuación que sirve para evaluar la precisión de un disparo, mientras el círculo es más pequeño la puntuación es mayor, en la figura 13 se visualiza este tipo de blancos con el número 1. [1]
- **Blancos poppers:** Son blancos construidos por lo general de acero blindado que se colocan en una ruta o en fila para que el practicante dispare cada uno con mayor la mayor precisión posible y logre derribarlos mientras se encuentra en movimiento. Este tipo de blancos se observan en segundo lugar en la figura 13. [1]
- **Siluetas:** Son figuras de personas con altura estándar, sobre las cuales se colocan puntuaciones según la cercanía con órganos que al recibir un impacto de bala son lo más letales posibles, por lo general tienen la altura de una persona promedio, la imagen de este blanco se observa en el tercer lugar de la figura 13. [1]

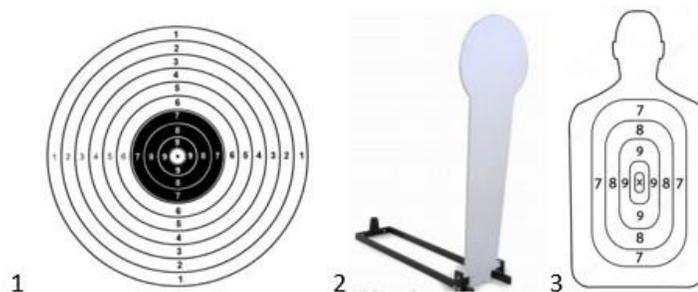


Figura N° 13 Blancos o dianas de tiro [1]

ESTRATEGIAS DE TIRO

Corresponden a las tácticas, técnicas y procedimientos que deben llevarse a cabo para manejar un arma de manera eficaz, para ello se clasifican según su finalidad en: tiro deportivo y tiro táctico, el primero se focaliza en competencias deportivas en donde las reglas son claras y no hay condiciones de contienda y el segundo se enfoca en situaciones de combate en donde cada entrenamiento se ajusta a la realidad de un enfrentamiento y se ponen en práctica cuatro principios básicos de tiro: [26]

- 1. Postura:** El cuerpo forma una plataforma de estabilidad de tiro y es la base para lograr un disparo acertado a mayor velocidad y distancia del objetivo, el tirador tiene la libertad de seleccionar la postura que mejor se adapte a sus condiciones físicas según la situación táctica a la que se enfrente puesto que no es exclusiva. Existen cuatro posturas técnicas de tiro que generan resultados óptimos, estas son: [14]

Isósceles: Los pies se colocan alienados frente al blanco separados a la altura de los hombros con las rodillas flexionadas, el tirador se inclina hacia adelante desde la cintura en dirección frontal al objetivo, los brazos se extienden a la altura de los ojos de manera que formen un triángulo isósceles, la figura 14 muestra esta postura de tiro.



Figura N° 14 Postura isósceles [27]

Weaver: Se ha convertido en un estándar en la enseñanza de tiro, es la evolución de la postura isósceles, el tirador coloca su cuerpo en un ángulo cercano a los 45° poniendo el pie dominante hacia atrás y girando el lado del soporte hacia el objetivo, el brazo de la mano derecha se extiende mientras que la izquierda se dobla formando un soporte, permitiendo tener un agarre estable como se muestra en la figura 15. [27]



Figura N° 15 Postura Weaver [27]

Posición de Combate: Se conoce también como isósceles o weaver modificado, aquí el tirador se inclina ligeramente hacia adelante y se posiciona en frente del blanco con los brazos extendidos, alineando las miras del arma con su vista, sus pies están a la anchura de los hombros y el pie del lado de tiro está ligeramente más atrás que el pie de soporte con las rodillas flexionadas para absorber el retroceso y actuar como amortiguadores de choque al movimiento hacia cualquier dirección, con esta postura, que se muestra en la figura 16 cualquier arma puede ser disparada con precisión. [27]



Figura N° 16 Posición de combate [27]

Center axis reload (CAR): Es un sistema integral de combate que combina una forma de empuñamiento del arma y la posición de tiro que facilita la retención del arma con estabilidad, el combate en ambientes confinados, mayor flexibilidad en ángulos de tiro y la rapidez de disparo, en la figura 17 se observa una práctica de esta técnica de tiro. [27]



Figura N° 17 Center axis reload (CAR)

2. **Empuñamiento:** Es la posición que adoptan las manos para la sujeción del arma de fuego, el empuñe recurre directamente en el control del arma y en la fuerza de retroceso en cada detonación, en la actualidad la posición de empuñe más utilizada sobre todo en armas de corto alcance es la postura isósceles modificada, con al cual la mejor postura para los pulgares es colocarlos estirados y no uno sobre otro. [14]
3. **Alineación:** Está totalmente relacionada con la precisión de un disparo, aquí intervienen los puntos de mira de un arma, en el caso de las pistolas involucra a los puntos de alza y guión de la misma, en el momento de un disparo con una correcta postura, el arma se ubica a la altura de los ojos, por lo que se debe trazar un cuadro de visión en donde el guión calce perfectamente dentro de la estructura del alza y estos coincidan con el objetivo de tiro, el uso constante causa que las miras se muevan. [14]
4. **Control del disparador:** Corresponde al control de la posición de disparo en el momento exacto de la detonación y después de ella, es fundamental para secuencias rápidas de tiro y para evitar cambios en la posición inicial de la boca del cañón del arma que repercuten directamente en la precisión de un tiro por el movimiento. [26]

Tiro de Precisión

Para garantizar la efectividad de un practicante de tiro, este entrenamiento es fundamental, ya que agudiza sus destrezas de disparo acertando en el blanco, para ello únicamente se vale de estrategias tácticas de posición, empuñamiento del arma y su visión natural, ya que debe alinear de manera sistemática el alza y guión del arma con el objetivo de disparo destino, depende enteramente de la postura del practicante. [11]

Tiro de Reacción

Posterior al dominio de tiro de precisión, el entrenamiento se centra en el tiro de reacción, el cual agiliza los movimientos de los prácticamente y crea situaciones aparentes de conflicto para simular enfrentamientos reales, en donde las destrezas están vinculadas con la capacidad de desplazamiento rápido oportuno, para ello se utilizan también polígonos virtuales que utilizan diversas tecnologías, entre ellas realidad virtual. [11]

Reglas principales para el uso de armas de fuego

Dado que un arma de fuego es un aparato semiautomático que propulsa un proyectil a alta velocidad a través de un tubo como resultado de la expansión de gases producida por una combustión interna, tener un adecuado manejo de las mismas y contar con niveles de seguridad es de vital importancia, cada polígono de tiro y cada campo de entrenamiento está sujeto a normas establecidas por el gobierno y además tienen su propio reglamento interno, a nivel general se tienen cuatro reglas indispensables: [14]

1. Apuntar siempre la boca del cañón a un sitio seguro.
2. Toda arma de fuego debe ser manejada siempre como si estuviese cargada.
3. Mantener el dedo índice fuera del gatillo hasta que esté listo para disparar.
4. Asegúrese de observar el blanco, lo que está frente y detrás del mismo protegiendo siempre el área de los ojos y los oídos.

REALIDAD AUMENTADA

La realidad aumentada es una tecnología investigada desde 1992 que permite al usuario ver en todo momento el mundo real, pero a la vez superpone elementos virtuales desarrollados que coexisten en un mismo plano con el mundo físico. La diferencia de esta tecnología con la realidad virtual es que la última se aísla de todo lo real creando un entorno completamente programado, mientras que la realidad aumentada crea una interrelación medianamente invasiva de la realidad con el mundo virtual. [28]

El campo de aplicación de la realidad aumentada (R.A) es sumamente amplio, ya que es una tecnología que complementa la percepción de los sentidos con la interacción digital de información, las áreas de aplicación en las que se ha introducido son: educación, medicina, ingeniería, entrenamiento de operarios de procesos industriales, reconstrucción de patrimonio histórico, marketing, diseño de interiores, arquitectura y turismo. [29]



Figura N° 18 Ejemplo de realidad aumentada [30]

Componentes de realidad aumentada.

Un sistema de realidad aumentada está compuesto con varios elementos que ayudan a la superposición de objetos virtuales sobre el entorno físico que se puede ver, para ello, sin importar la interfaz de desarrollo utiliza los componentes siguientes: [30]

- **Monitor:** Es el elemento en el cual se verá reflejada la conjugación de la realidad con elementos virtuales añadidos, los monitores pueden sustituirse por gafas de realidad

aumentada que en la actualidad están en una etapa de desarrollo y mejoramiento, como alternativa a ello se utilizan pantallas de celulares o tabletas mediante aplicaciones móviles como se muestra en la figura 18. [30]

- **Cámara de video:** Dispositivo que toma la información del mundo real y la transmite al software de realidad aumentada para superponer elementos, la figura 18 muestra claramente esta interacción cámara – pantalla de un dispositivo móvil. [30]
- **Software:** Programa que toma la información tanto real como virtual y la transforma en realidad aumentada, puede trabajar en conjunto con distintos programas de edición y programación para realizar aplicaciones puntuales. [30]
- **Marcadores:** Corresponden a los tags en donde se verá el elemento superpuesto, formando así el concepto de realidad aumentada, pueden darse: mediante tags de imagen, por geolocalización, vumarks o mediante códigos QR. [30]

PLATAFORMAS DE DESARROLLO DE CONTENIDOS CON R.A

Existen diferentes plataformas de desarrollo de entornos con realidad aumentada, pero su principio de funcionamiento es similar: primero la cámara de video detecta la imagen a procesar, se identifican patrones de colores, contrastes y esquinas, la cámara se posiciona con el marcador reconocido, se asocia la posición detectada con el elemento que se desea proyectar y se hace un llamado al elemento virtual recogiendo datos de programación, tamaño, posición, y librerías asociadas a él para desplegarlo finalmente de manera visual en una pantalla, la cual puede ser un monitor de un computador o un dispositivo móvil.[31]

Las plataformas de desarrollo de realidad aumentada trabajan bajo una licencia de pago, pero tienen la posibilidad de desarrollar aplicaciones de manera gratuita utilizando un número limitado de marcadores y sin generar remuneraciones económicas, como: [31]

Unity

Unity es una herramienta para el desarrollo de videojuegos creada por la empresa Unity Technologies, ha sido utilizada también para crear experiencias y entornos de realidad virtual y realidad aumentada interactivas ya que engloba motores de renderización de imagen, ambientes 2D y 3D, herramientas de networking para multijugador, herramientas de navegación NavMesh para inteligencia artificial. Además, permite monetizar un juego o aplicación, realizar analíticas y construcciones remotas en la nube. [32]

Vuforia Engine

Vuforia es un kit de desarrollo de software (SDK) que permite construir aplicaciones basadas en realidad aumentada para las plataformas móviles iOS y Android. Este SDK está disponible para los sistemas operativos: Windows, Linux y Mac. Es una herramienta altamente utilizada por desarrolladores de software debido a su precisión con aplicaciones de realidad aumentada robustas, su empoderamiento creativo, alcance máximo y visión avanzada con reconocimiento dinámico de objetos. Vuforia permite interactuar tanto con la cámara de un dispositivo móvil como con la cámara web del ordenador, pero no permite aún la utilización de cámaras externas, ese es un proyecto que asegura la empresa estará listo para el año 2021 ingresando así al ámbito ingenieril e industrial. [33]

ARCore

Es el kit de desarrollo de software para realidad aumentada de Google, salió al mercado en agosto del 2017, está pensado para desarrollar aplicaciones enfocadas en dispositivos de gama alta y en accesorios tecnológicos (woreables) como por ejemplo las gafas de Microsoft HoloLens o los Meta Headsets de Metavision, estos dispositivos aún se encuentran en un proceso de mejoramiento debido a que no generan los resultados esperados en ambientes con alta luminosidad, por lo que ARCore se ha centrado en el desarrollo de aplicaciones móviles con realidad aumentada, en donde es una plataforma robusta, su limitante es la compatibilidad con todos los dispositivos móviles. [34]

1.2 Objetivos

El objetivo principal del presente proyecto de investigación radica en implementar un sistema de entrenamiento de tiros de precisión utilizando realidad aumentada para el Club Deportivo Especializado Formativo "Polygono" en la ciudad de Quito, de manera que se puedan comprobar los distintos beneficios que representa el utilizar esta tecnología en el área de la defensa táctico - operativa en prácticas con armas de corto alcance dentro de un polígono físico de entrenamiento de tiro.

Para realizar un disparo de precisión es primordial conocer los fundamentos de tiro que permiten una adecuada manipulación de las armas para lograr resultados óptimos, razón por la cual el presente proyecto parte de un análisis de los diferentes factores y estrategias tácticas que intervienen en prácticas de disparo para que estos sean acertados. Para la consecución de este objetivo será necesario realizar las siguientes actividades:

1. Investigar los factores influyentes en la eficacia de disparos de precisión.
2. Recibir una capacitación táctica por parte del Club Deportivo Especializado Formativo "Polygono" sobre estrategias empleadas en disparos de precisión.

Posterior a la capacitación táctica será menester establecer puntos estratégicos de referencia en el Club Deportivo Especializado Formativo "Polygono", los cuales permitirán tener un enfoque claro de las características físicas reales a las que deberá estar sujeto el desarrollo del proyecto para obtener resultados favorables, para ello se requerirá realizar las actividades siguientes:

1. Seleccionar puntos referenciales clave para el sistema dentro del Club Deportivo Especializado Formativo "Polygono".
2. Elegir marcadores de realidad aumentada, software y hardware que mejor se ajuste a las condiciones físicas del entorno.

Finalmente, con base en toda la información recibida se deberá diseñar un sistema que utilice realidad aumentada para identificar por medio de marcadores los puntos de tiro que deben alinearse para realizar disparos de precisión con efectividad a través de las siguientes actividades:

1. Desarrollar un sistema de realidad aumentada, junto con pruebas y simulaciones.
2. Realizar pruebas de funcionamiento y validación con practicantes de tiro de precisión

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1 Materiales

El desarrollo de la metodología para el presente proyecto requiere de los siguientes materiales: entrevista de carácter técnico, artículos publicados en revistas científicas, proyectos de investigación afines al tema principal, referencias de prácticas, información sobre defensa operativa disponible en línea y capacitaciones técnico - prácticas por parte del Club Deportivo Especializado Formativo "Polygono" en las cuales se utilizarán implementos tácticos como pistolas semiautomáticas, blancos de tiro, protección visual y auditiva, cascos antibalísticos, además de dispositivos inteligentes que actuarán como pantallas de visualización para la superposición de realidad aumentada en el sistema de entrenamiento de tiro de precisión. La manipulación del armamento y técnicas aplicadas estarán sujetas en todo momento al reglamento del club y contarán con estrictas medidas de seguridad redactadas en el plan de procedimientos y normas de seguridad del Club Deportivo Especializado Formativo "Polygono" que se muestran en el anexo 1 y anexo 2.

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de la investigación.

El proyecto de investigación está sujeto a una modalidad de carácter investigativo y de desarrollo (I+D) ya que abre paso a un campo de aplicación en el ámbito de la defensa táctica para los conocimientos teóricos adquiridos e indagados y los conjuga para desarrollar un sistema de entrenamiento enfocado en la utilización de realidad aumentada, justificando su procedimiento a través de diferentes modalidades de investigación.

Modalidad Aplicada

Para el adecuado desarrollo del proyecto, se utilizarán los conocimientos adquiridos en diferentes módulos de la malla curricular, en particular aquellos que tratan sobre comunicaciones avanzadas, programación y física, puesto que es necesario conocer el trayecto de una bala cuando es disparada por un arma de fuego, el proceso interno de combustión en un arma y los factores que intervienen en técnicas de disparos de precisión.

Modalidad Bibliográfica

El desarrollo del proyecto se fundamentará en información fiable proveniente de fuentes científicas como: artículos, publicaciones, libros técnicos, proyectos de investigación y estudios referentes al área de táctica y defensiva, los cuales proporcionarán información relevante, para desarrollar un sistema de realidad aumentada adecuado al requerimiento.

Modalidad de Campo

Las capacitaciones sobre estrategias tácticas empleadas en tiros de precisión que requiere el desarrollo del proyecto se realizarán en las instalaciones del Club Deportivo Especializado Formativo "Polygono" en la ciudad de Quito, utilizando los implementos tácticos necesarios, así también las pruebas y validación del funcionamiento del sistema.

2.2.2 Recolección de información

La información necesaria para el desarrollo del proyecto provendrá mayoritariamente de fuentes de investigación bibliográfica acerca de entornos de realidad aumentada y métodos de táctica y estrategia en el área defensiva, además, en la recolección de información se utilizarán técnicas de observación directa en prácticas de tiro y en las capacitaciones puestas a disposición por instructores del club las cuales se complementarán con una entrevista de carácter técnico dirigida al Crnl S.P Carlos Rubén Badillo Guerra, Presidente del Club Deportivo Especializado Formativo "POLYGONO"

2.2.3 Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento y análisis de datos del presente proyecto de investigación se realizará en prácticas de tiro con armas y municiones reales en el Club Deportivo Especializado Formativo "Polygono" bajo las adecuadas normas de seguridad de la siguiente manera:

- Los puntos de mira y objetivos necesarios a desarrollarse con realidad aumentada constarán con un diseño que permita notar su correcta alineación previa al disparo.
- La eficacia de los disparos de precisión se comprobará analizando y contabilizando los agujeros que forman las municiones en los objetivos utilizados en las prácticas.
- Existirá una etapa de tabulación para analizar los resultados obtenidos en prácticas de tiro utilizando el sistema de entrenamiento con realidad aumentada y los resultados que se obtienen sin utilizarlo, para comprobar así las mejoras que se presentan al utilizar el sistema de realidad aumentada junto con las ventajas que acarrea

2.2.4 Desarrollo del proyecto.

Para la consecución del proyecto de investigación se realizarán las actividades siguientes:

1. Investigación de factores que influyen en la eficacia de disparos de precisión.
2. Capacitación sobre estrategias tácticas empleadas en disparos de precisión.
3. Entrevista dirigida al Crnl. S.P Carlos Rubén Badillo Guerra, presidente del Club Deportivo Especializado Formativo "POLYGONO".
4. Análisis de puntos estratégicos de referencia para el sistema en el Club Deportivo Especializado Formativo "Polygono"
5. Selección de puntos referenciales clave.

6. Selección de los marcadores de realidad aumentada a ubicar en puntos referenciales.
7. Selección de software necesario para la realización del sistema de realidad aumentada.
8. Selección de hardware apropiado para el proyecto.
9. Configuración y programación de elementos del sistema.
10. Desarrollo del sistema de realidad aumentada, pruebas y simulaciones.
11. Implementación del sistema en armas del centro de entrenamiento.
12. Pruebas de funcionamiento y validación con practicantes de tiro de precisión.
13. Validación del funcionamiento del sistema.
14. Elaboración del informe final.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

La implementación de un sistema de entrenamiento de tiro de precisión mediante realidad aumentada permite mejorar las condiciones de entrenamiento, ampliando los puntos de visión en las miras de armas de corto alcance, para tener así una alineación clara entre los puntos clave que intervienen en los disparos, modernizando así el método de entrenamiento, agilizando el tiempo de práctica de los tiradores y reduciendo el número de municiones utilizadas en las diferentes entrenamientos de disparo de precisión.

3.2 Desarrollo de la Propuesta

CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO “POLYAGONO”

Es un centro deportivo de entrenamiento de tiro práctico, airsoft, paintball, y tiro con arco, en sus instalaciones se realiza instrucción, capacitación y práctica en deportes de precisión; fue fundado en el año 2002, cambiando su personería jurídica en el año 2013. En la actualidad cuenta con el acuerdo Ministerial N°0903 del Ministerio del Deporte para la práctica, enseñanza y desarrollo de actividades al aire libre para deportes de precisión. (Anexo 3) Está conformado por un polígono privado al aire libre de cinco pistas para prácticas de tiro y una cancha de 2000 m² para uso de los deportes antes mencionados.[35]

El Club Deportivo Especializado Formativo “POLYGONO” está enfocado en promover la enseñanza y disciplina de actividades de precisión ya sea para entrenamientos o prácticas en favor de la correcta manipulación de armas de fuego, airsoft, paintball y tiro con arco con base en parámetros de seguridad establecidos acorde a las condiciones actuales del club. La figura 19 muestra el isotipo representativo del Club.

3.2.1 Información general

- **Dirección:** Av. Manuel Córdova Galarza s/n y Quebrada la Herlinda.
Noroccidente de la ciudad de Quito vía a la Mitad del Mundo
- **Teléfono:** 2350- 3754 // 098 534 6619.
- **Presidente del Club:** Crnl. S.P Carlos Rubén Badillo Guerra.
- **Instructor Líder:** José Badillo Pérez
Especialista en Seguridad Física y Armada.
Experiencia de 18 años de instructor tanto para personal civil, de seguridad, guardaespaldas, y otros.
- **Instructor Consultor:** Yaleimo Florenzano Rivera
Instructor por las de 20 años en el ámbito de seguridad
Instructor Líder de Yedo Dynamic Weapons, Miami-Florida
Instructor de Strategic Weapons academy of Texas. S.W.A.T
Consultor principal del Club Polygono en: instrucción,
nuevas plataformas, entrenamientos, manejo de armas.



Figura N° 19 Isotipo C.D.E.F. "Polygono" [35]

La geolocalización del Club se observa en la figura 20, las pistas de entrenamiento que posee se encuentran enumeradas en la misma imagen con viñetas de color rojo, (Anexo 4) y cada una de ella tiene las siguientes características físicas: [35]

- Las pistas de entrenamiento de tiro están diseñadas de manera independiente, las mismas se conectan por medio de un camino exterior.
- El polígono tiene una montaña como faldón por lo que los disparos realizados van directamente a esta, se encuentran en un ambiente al aire libre. (Anexo 4)
- Todas las pistas pueden configurarse de manera diferente ya sea con poopers, ventanas, movers, blancos móviles de acuerdo a las medidas internacionales.
- Todas las pistas están señalizadas, cuentan con mapa de ruta de evacuación.
- En el área de pistas de tiro, se cuenta también con la señalética correspondiente para el uso tanto de protectores visuales y auditivos.
- Se cuenta con 5 pistas de 50 m x 20 m para tiro de armas cortas y de calibres de acuerdo a la ley de armas en vigencia esto es:
 - ✓ Pistolas desde el calibre 22 al .40.
 - ✓ Revólveres calibre .22 hasta 38 mm.
 - ✓ Armas largas como escopetas 12 Ga, 16 Ga y 20 Ga.
 - ✓ Carabinas desde .22 hasta 38 spl.



Figura N° 20 Geolocalización C.D.E.F "Polygono"

3.2.2 Manipulación de armas de fuego.

Un arma de fuego es un objeto mecánico o semiautomático que se encuentra siempre bajo control de un portador, el cual es el responsable del manejo y cuidado de esta en todo momento. El coronel del Cuerpo de Marines de los Estados Unidos, Jefferson Cooper fue el que ideó cuatro preceptos de seguridad, los cuales se muestran a continuación, en la actualidad son utilizados por todos los deportistas y tiradores a nivel mundial. [35]

- **Regla n° 1.** Trate todas las armas como si estuvieran siempre cargadas.
- **Regla n° 2.** No permita que su arma apunte hacia algo o alguien a quien no quiere disparar. (siempre al espaldón, jamás regrese de la línea de disparo con el arma en la mano y mucho menos con el dedo índice cerca al disparador)
- **Regla n° 3.** Mantenga el dedo índice alejado del disparador hasta que no haya tomado la decisión de disparar o no esté listo para ello.
- **Regla n° 4.** Identifique siempre su blanco y lo que hay más allá de él.

El manejo de las armas a utilizar en el presente proyecto estuvo sujeto en todo momento al reglamento interno del Club Deportivo Especializado Formativo “POLYGONO”, el cual está detallado en el (Anexo 1) del documento referente al adecuado manejo de armas de fuego de la institución. El literal 5 del mismo anexo aprueba y justifica el desarrollo del proyecto contando con instrucción y capacitaciones tácticas por parte del Club.

Para el adecuado desarrollo del proyecto es fundamental conocer todas las medidas de seguridad que se toman en el Club (Anexo 2) conjuntamente con las características físicas de cada una de las cinco pistas de entrenamiento (Anexo 4) y la señalización presente en toda la extensión del mismo (Anexo 5) para asegurar que la implementación, prácticas, pruebas de funcionamiento y verificación de resultados del proyecto no presente ningún tipo de inconvenientes en cualquiera de sus etapas y garantice así la seguridad del tirador.

3.2.3 Requerimiento del Club Especializado Formativo “POLYGONO”.

Conclusiones de la entrevista realizada a:

Crnl. S.P Carlos Rubén Badillo Guerra

Presidente:

Club Deportivo Especializado Formativo “POLYGONO”.

(Anexo 5)

La necesidad de la implementación de un sistema de entrenamiento de tiro de precisión mediante realidad aumentada surge de la necesidad de optimizar los recursos que se utilizan en cada entrenamiento de tiro (municiones), así como el tiempo y el costo de instrucción, ya que en el país los recursos tanto profesionales como insumos para esta área es sumamente limitado, por lo que se muestra necesario encontrar soluciones que permitan mejorar destrezas de reacción y precisión del tirador de una manera óptima en la cual intervenga el uso de la tecnología, pero no se suplante la utilización del armamento, ya que parámetros como el peso del arma, su funcionamiento y la fuerza de retroceso al momento del disparo son factores que no pueden evadirse y son las razones por las que el uso de un polígono virtual fue descartado, ya que estos no suplen el uso de munición real.

Con la implementación de un sistema de entrenamiento de tiro de precisión mediante realidad aumentada se pretende reducir el desperdicio de municiones a un 0% y aprovechar el tiempo de instrucción y capacitación para los tiradores; los tiempos de entrenamiento se enfocarían únicamente en las rondas de disparo reduciendo el tiempo del instructor en un 40% , este porcentaje de práctica se destina al entrenamiento y corrección de postura de tiro del practicante para lograr eficacia y precisión en los disparos.

Las condiciones bajo las cuales se debe desarrollar el sistema y los requerimientos de software y capacitaciones tácticas fueron acordados y realizadas bajo la instrucción del Sr. Carlos Sánchez Noboa, jefe de operaciones del Club, en donde se acordó que:

1. Las condiciones ambientales bajo las que debe operar el sistema corresponden a las propias de un campo abierto con exposición total a la luz natural en un entorno con clima cálido seco y con presencia de polvo y sin conexiones directas a la electricidad.
2. El sistema no debe tener elementos que interfieran o presenten un obstáculo a la hora de realizar prácticas de tiro en cualquiera de sus etapas, no debe tener un hardware inmersivo ya que esto alteraría las normas de seguridad para el tirador.
3. Se pueden utilizar elementos de protección personal para el sistema que cumplan con la normativa ANSI, esto incluye: elementos de protección visual, protección auditiva o elementos externos que vayan a utilizarse para la protección del tirador.
4. Las imágenes de visualización, proyección y alineación de miras deben ajustarse a las características tácticas de tiro utilizados internacionalmente de manera general.
5. Las capacitaciones, pruebas de funcionamiento y validación estarán bajo su tutela.

3.2.4 Análisis de factores y estrategias tácticas que intervienen en disparos de precisión.

FUNDAMENTOS DE TIRO

Existen diferentes factores tanto físicos como técnicos que intervienen en la eficacia y precisión de un disparo, estos pueden ser factores ambientales externos o a su vez estrategias tácticas que requieren de constante corrección y entrenamiento. [9]

Factores externos: Corresponden a aquellos factores físicos que pueden afectar o distorsionar la trayectoria de un proyectil desde el punto inicial hasta el objetivo destino.

1. **Distancia:** Es de suma relevancia en la precisión de tiro, ya que a mayor distancia de recorrido del proyectil se deben tomar en cuenta factores adicionales como: la gravedad, y dirección del viento; mas todo esto se toma en cuenta generalmente para el uso de armas de largo alcance como fusiles, cuyas municiones pueden tener un alcance de hasta 3 km de trayectoria; para el uso de armas de corto alcance, en especial en pistas menores a 100 m este es un factor tan ínfimo que se considera despreciable.

- 2. Objetivo en movimiento:** Este es el factor que más dificulta el disparo, puesto que interviene una velocidad y posición variable del objetivo final, para lograr un disparo de precisión se debe hacer una previsión de posición del objetivo observando a través de las miras para establecer el intervalo de compensación necesario para acertar a través del uso de técnicas de seguimiento visual para disparos a distancias cortas (ideal para airsoft) o de espera momentánea para mayores distancias.

En el Club de tiro donde se desarrollará el proyecto los objetivos para entrenamiento son estáticos, por lo que este factor no influye ni se considera en el desarrollo.

- 3. Viento:** Es un factor importante porque no es una fuerza constante y tiene la capacidad de desestabilizar tanto al proyectil como al tirador, se debe tener en cuenta la dirección e intensidad del mismo, y es recomendable disparar a favor del viento para ganar distancia y es importante a la hora de tomar una posición de tiro, para tener una medición empírica de la velocidad del viento se considera lo siguiente: [36]

Es difícil percibir viento:	menos de 5 Km/h
Brisa suave que se percibe en el rostro:	5-9 Km/h
Hojas agitándose constantemente:	9-12 Km/h
Vuelo de hojas y polvo:	12 a 20 Km/h
Arbustos y árboles pequeños oscilando:	20-27 Km/h

Se debe tener en cuenta que el viento afecta a la dirección de vuelo del proyectil, teniendo que efectuar correcciones en deriva para el disparo. El viento que sopla de las 15:00 h arrastra el proyectil a la izquierda y el viento que sopla de las 9:00 h lo arrastra a la derecha, factor que se considera para distancias superiores a 50 m.

Para realizar un entrenamiento de tiro de precisión se debe esperar a que la intensidad del viento sea la menor posible, en el Club donde se desarrollará el proyecto, gracias a su ubicación geográfica la presencia de viento es la menor de la zona.

4. Luminosidad: El efecto producido por el reflejo de los rayos de sol o de luz artificial puede tener efectos perturbadores en el campo de visión y afectar directamente en la alineación de miras para el disparo, por ello se requiere de la utilización de gafas de sol que disminuyan esos reflejos innecesarios y el contraste en un cambio de ambiente.

Los factores externos que condicionan la precisión del disparo en entrenamientos dentro del Club Deportivo Especializado Formativo “Polygono” se muestran en la tabla 4:

Tabla N° 4 Análisis de factores externos para la precisión del disparo

Factor	Análisis dentro del Club	Conclusión
Distancia	Trayectoria del proyectil dentro del campo: 20 m con armas de corto alcance	Es una distancia corta, por lo que las desviaciones a causa de la distancia son tan ínfimas que son despreciables.
Objetivo en movimiento	Los objetivos o blancos de tiro son estáticos.	No se consideran
Viento	La ubicación geográfica del Club hace que el factor de viento sea el mínimo.	No causa alteraciones en la trayectoria del proyectil.
Luminosidad	Es un polígono de tiro de campo abierto, para las prácticas se utilizan protectores visuales antirreflejo como reglamento.	El sistema de realidad aumentada debe considerar la luminosidad como un factor que no presente obstáculos.

Elaborado por: La investigadora

Estrategias tácticas: Son aquellas técnicas que facilitan y perfeccionan el adiestramiento de tiro, creando total coordinación entre todos los elementos que intervienen al disparar.

- 1. Postura:** El tirador debe crear una plataforma estable en su cuerpo, ya que de ello depende la acción correcta sobre el disparador y la inmovilidad del arma durante el tiro logrando la mayor precisión posible de disparo, por ello el instructor se enfoca en la corrección de la postura del tirador para que pueda tener mejores resultados al disparar, a causa de una mala postura, se desperdicia gran cantidad de municiones.

La postura general para la práctica de tiro de precisión con armas de corto alcance dentro de un polígono debe ser lo más natural posible, con los pies y el cuerpo dirigidos hacia el blanco, moviendo los brazos desde el centro del pecho hacia el centro del objetivo, formando con los brazos un triángulo; tener una buena posición permite que el tirador biomecánicamente tenga facilidad de movimiento y reacción instantánea, con postura: isósceles, weaver, combate o center axis relock (CAR).

- 2. Empuñamiento:** La forma de empuñar el arma brinda el 50% de efectividad en tiros de reacción, para ello la mano de cubrir la mayor superficie posible del armazón, alrededor de los 360° de la empuñadura sin que existan zonas libres que permitan que el movimiento sea dominado por el arma, la muñeca de la mano izquierda siempre debe estar rígida y recta para que el retroceso del arma en el momento del disparo no cause un desequilibrio en el tirador y los brazos puedan flexionarse, teniendo así un control total del proceso, ya sea en tiros individuales o en ráfagas de disparo.
- 3. Alineación:** Es la relación entre la vista y tres elementos de fondo, es uno de los principales factores que condiciona un disparo de precisión, corresponde a poner en línea cuatro elementos: la visión del tirador, el alza y guión de la pistola más el objetivo a disparar, de estos cuatro elementos la visión es la más importante, por lo que en armas de largo alcance se utilizan miras telescópicas, pero en las pistolas

únicamente se deben alinear de manera metódica estos cuatro elementos, de manera que esta estrategia es una de las más relevantes para desarrollar un sistema de realidad aumentada que permita tener mejores resultados de tiro supliendo así las deficiencias que se presentan al no utilizar ningún elemento más que la visión natural del tirador para alinear los elementos. El ojo humano únicamente se enfoca en un punto claro de visión y el entono a su alrededor de torna borroso, por lo que este punto de enfoque corresponde al guión del arma, que debe centrarse perfectamente dentro del alza como se muestra en la figura 21 con el arma a la altura de la vista y los brazos extendidos.



Figura N° 21 Alineación y cuadro de mira correctos. [27]

5. **Respiración:** El proceso de inhalación y exhalación produce un movimiento constante de la caja torácica, por lo que al momento del disparo es esencial relajar los músculos manteniendo una adecuada respiración para realizar el disparo en un instante de apnea, en ese momento la caja torácica se encuentra en relativa quietud.
6. **Control del disparador:** El control de dedo índice sobre el disparador es el factor más importante de todo el proceso, de este fundamento depende el 90 % de la efectividad del tiro, ya que todas las estrategias quedan sin efecto si no se tiene un control sobre el disparador. Este fundamento de tiro trabaja de manera conjunta con la alineación del arma, se ejecutan los dos procesos a la vez para tener un tiro preciso.

El control del disparador tiene tres pasos: el primero cuando el dedo índice se aleja de la corredera de la pistola y se coloca encima del disparador, el segundo cuando se presiona sin mayor fuerza y el tercero cuando el dedo índice ejerce una presión sobre este al extremo de su campo de movilidad activando la deflagración de pólvora.

La tabla 5 presenta un análisis de las estrategias tácticas que intervienen en el entrenamiento de tiros de precisión, focalizando los puntos más relevantes con los que se puede lograr una interacción eficaz con el sistema de realidad aumentada a implementar.

Tabla N° 5 Análisis de fundamentos de tiro

Estrategia	Análisis en entrenamientos	Conclusión
Postura	A pesar de que existen posturas establecidas para el entrenamiento de tiro, la constitución física de cada tirador hace inviable que estas sean definitivas, cada postura debe brindarle al tirador: estabilidad, equilibrio, flexibilidad y comodidad.	El instructor de tiro debe tener acceso al campo de visión del tirador para corregir su postura y lograr mejores resultados
Empuñamiento	El empuñamiento del arma debe cubrir la mayor superficie posible de la misma sin dejar espacios libres, con las muñecas rígidas y rectas de manera que permitan un mejor dominio de la pistola. Debe permitir una correcta alineación de miras y objetivos.	De un correcto empuñamiento del arma depende el 50% de efectividad de tiros de reacción, el control del movimiento de retroceso y la alineación de miras.
Alineación	El tirador debe tener una alineación precisa de alza y guión con el centro de masa del objetivo, enfocándose únicamente en el guión del arma para tener un cuadro de mira adecuado con el ojo dominante.	Es la clave para un tiro de precisión, depende de la visión del tirador y la habilidad con la que forma un cuadro de enfoque adecuado entre las miras y el objetivo.
Respiración	La caja torácica se encuentra en constante movimiento a causa de la inhalación y exhalación, por lo que se debe mantener una respiración relajada.	Es recomendable realizar el disparo en el momento de apnea para no afectar la precisión.
Control del disparador	De este fundamento de tiro depende el 90 % de la efectividad de un disparo, es necesario tener una recuperación efectiva de cada fundamento luego de cada disparo para volver a disparar.	Trabaja de manera conjunta con la alineación del arma.

Elaborado por: La investigadora

3.2.5 Descripción del proyecto

Con base en los resultados obtenidos en el análisis de factores físicos externos que influyen en la precisión del disparo, estrategias tácticas empleadas e información de las instalaciones del Club se infiere que el sistema de realidad aumentada a desarrollar debe tener en cuenta únicamente al factor externo de luminosidad, los demás factores externos no se consideran puesto que sufren variaciones ínfimas que se consideran despreciables a distancias menores a 30 m que tienen las pistas a la velocidad de 360 m/s que alcanzan los proyectiles de calibre 9 mm con pistolas Pietro Beretta y Glock que se utilizan en el Club.

La figura 22 evidencia la arquitectura del sistema de realidad aumentada, en el cual se puede observar que la entrada del sistema corresponde a la alineación de: arma, vista y objetivo por parte del tirador; en el arma y en el objetivo se encuentran tags de realidad aumentada sobre los cuales se superponen elementos A.R orientados a tener un mejor enfoque de las miras del arma y el blanco a disparar, están desarrollados en distintas plataformas A.R, y son visualizados tanto por el tirador como por el instructor en pantallas diferentes para que puedan corregirse posturas erróneas y mejorar así la precisión del disparo, reduciendo la cantidad de municiones y tiempo utilizado, esta etapa es almacenada en un servidor para tener un historial de entrenamiento de los tiradores.



Figura N° 22 Arquitectura del sistema de A.R

Elaborador por: La Investigadora

Es indispensable que cada tirador reciba una instrucción técnica previa a la utilización del sistema de realidad aumentada sobre fundamentos de tiro y estrategias tácticas para lograr disparos de precisión, de manera que esté relacionado con el tipo de arma a emplear y el reglamento interno del Club para garantizar en todo momento su seguridad, puesto que el sistema estará inmerso sobre las estrategias de posición del tirador y alineación de miras en el arma para tener resultados precisos de tiro en los entrenamientos sobre los blancos.

3.2.6 Puntos referenciales clave para el sistema dentro del Club Deportivo Especializado Formativo “Polygono”.

El sistema no debe presentar obstáculos en el desarrollo de la práctica, por lo tanto, los puntos estratégicos para el desarrollo del proyecto se muestran en la figura 23 y son:

- Objetivos de disparo ubicados a 20 m desde la posición inicial del tirador.
- Los blancos a disparar son objetivos de silueta a la altura de una persona promedio.
- La ubicación del tirador parte de un área al aire libre con exposición directa a la luz natural en cualquiera de las cinco pistas de entrenamiento, fuera del bungalow.
- La ubicación del instructor se encuentra a una distancia prudente y segura del tirador, pero lo suficientemente adecuada para que pueda ver la alineación y corregir posturas
- Los tags de realidad aumentada están colocados en las miras del arma y en los blancos.
- El servidor se encuentra en una oficina del Club, en una zona segura.

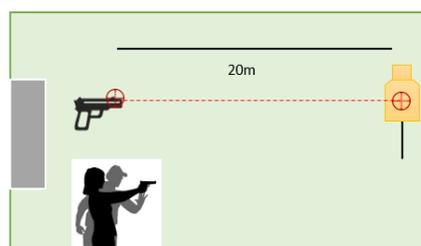


Figura N° 23 Puntos estratégicos para el sistema

Elaborado por: La Investigadora

3.2.7 Análisis técnico del hardware

Dispositivos inteligentes para la visualización del sistema de AR:

Tabla N° 6 Análisis de dispositivos para la visualización de A.R

Dispositivo	Característica	Disponibilidad	Precio
HoloLens 2	Sensor Kinect Azure Procesador Qualcomm 850 Reconocimiento de iris Enfocado en realidad mixta	Compatible: Epic Games Firefox reality Microsoft Azure Se venden solo a empresas asociadas a Microsoft. No existe una versión para desarrolladores	\$3500
Magic Leap One	Consta de: Gafas A.R lightwear Ordenador pequeño ponible lightpack Procesador Nvidia TegraX2 Controlador inalámbrico Tiene vibraciones al funcio	Sistema operativo Lumin OS Disponible únicamente en 6 ciudades de Estados Unidos No está destinado al consumidor final	\$2295
Moverio BT-300	Procesador Intel Atom Cámara de 5 megapíxeles. Campo de visión: 23° Cámara ubicada al lado derecho de las gafas Debe utilizarse en ambientes parcialmente cubiertos o cerrados.	Sistema operativo Moverio OS Utiliza librerías EPSON. Entorno de desarrollo: Android Studio. Destinadas al pilotaje de drones Venta autorizada a desarrolladores EPSON.	\$800
Pantalla de un smartphone o Tablet	Tamaño 5.8'' o superior, Tecn. IPS o AMOLED Resolución Full HD o >	Varía por características, marca y compatibilidad del smartphone o Tablet.	\$300 – \$1000
Monitor de un Computador	Resolución Full HD Conexión HDMI o VGA Tecnología LED panel IPS Tamaño: 24''	Amplia accesibilidad, requiere un soporte físico y conexión eléctrica.	\$750 – \$5000

Elaborado por: La investigadora

El sistema de realidad aumentada requiere de una pantalla de visualización que no sea invasiva, que no tenga problemas con la luminosidad y el polvo al que está expuesta, ya que es un polígono de campo abierto. Se descarta el uso de gafas de realidad aumentada en vista de que los tres ejemplos mostrados en la tabla 6, son las gafas A.R con mejores características en calidad de imagen, mas aún no se encuentran a la venta libre para desarrolladores que no tengan un vínculo con: Microsoft o Epson o a su vez, presentan vibraciones al funcionamiento, ubicación de la cámara en una locación no central en las gafas o interfaces aún en desarrollo, factores que se tornan delicados al incluirlas en entrenamientos del área táctico defensiva con armas de fuego de corto alcance.

La selección de la pantalla de visualización, como muestra la tabla 6 corresponde a un smartphone o tablet, esta decisión se toma ya que el Centro Deportivo Especializado Formativo “Polygono” está dispuesto a invertir en gafas de realidad aumentada una vez estas se encuentren en una venta libre y brinden garantías de seguridad, ya que al ser utilizadas en un polígono de tiro deben cumplir con estrictas normas de seguridad visual.

Computador: Para el desarrollo de un sistema que utiliza realidad aumentada se requiere la utilización de un equipo con un motor gráfico de desarrollo y un kit de desarrollo de software compatible, por lo que para su adecuado desarrollo el ordenador requiere características específicas para su funcionamiento, para que no existan ralentizaciones en este caso el ordenador en que se desarrolla el sistema consta de:

- S.O: Windows 10 64 bits.
- Kit de desarrollo Android SDK, Java (JDK), Vuforia SDK, Unity Hub.
- Memoria RAM 16 GB
- CPU: Intel Core i7-7700HQ 2.8GHz - 3.8GHz
- Pantalla LED 15.6’’ (1920x1080) IPS
- Tarjeta Gráfica NVIDIA GTX 1050 Ti 4GB

El servidor deberá estar en un computador del Club, el cual tiene las siguientes especificaciones y no requiere características mayores para un funcionamiento adecuado.

- S.O: Windows 7 64 bits.
- Procesador Intel core i5- -2450M @2.80 GHz - RAM 4GB

Cascos tácticos Safe Guard: Para la utilización de un smartphone en la visualización de las proyecciones de realidad aumentada es necesario acoplar un sistema de sujeción en cascos tácticos de incursión de la marca Safe Guard con protección balística de nivel de seguridad IIIA, como se observa en la figura 24, de manera que no se obstruya la visión absoluta del tirador y a su vez este pueda contar con una pantalla donde estará desplegada la alineación de miras con realidad aumentada.



Figura N° 24 Casco de protección balística Safe Guard [26]

Smartphone: Una experiencia con alta calidad de visualización del entorno de realidad aumentada en un ambiente al aire libre con presencia de polvo y luz solar directa como en el caso de las pistas de entrenamiento del Club, depende directamente del smartphone en donde vaya a correr la aplicación, la tabla 7 muestra una comparación entre características generales promedio de smartphones de gama baja, media y alta; estas características varían acorde al modelo y fabricante del dispositivo.

Una correcta funcionalidad del sistema requiere de la utilización de celulares de gama alta, por la calidad de su pantalla y resolución de imagen. Además, estos deben ser compatibles con el software a desarrollar en las diferentes plataformas.

Tabla N° 7 Comparación entre características generales de smartphones

Características	Gama Baja	Gama Media	Gama Alta
Procesador	Exynos 7570 Snapdragon 410	Kirin 659 Snapdragon 665	Exynos 9810 Snapdragon 845 Kirin 970
RAM	3GB	4GB	4 GB - 6GB
Pantalla	6.08" 6.3" IPS	5.8" IPS 6.3" AMOLED	5.8" Super AMOLED
Resolución	1560 x 720 px	1080 x 2280 px	Full HD 2960 x 1440 px
Sistema Operativo	Android 5.0 en adelante	Android 8.0 en adelante	Android 9.0 en adelante
Almacenamiento interno	32 GB	32 GB 64 GB	64 GB 128 GB
Cámara principal	8 Mpx + 2 Mpx	13 Mpx con apertura focal /1.8	Doble de 12 Mpx con apertura f/1.5 a f/2.4,
Batería	3000 mA	3400 mA	3500 mA 4200 mA

Elaborado por: La investigadora

El desempeño ideal para el uso del sistema requiere de un celular de gama alta, para garantizar la calidad de imagen y visibilidad en un entorno al aire libre; los celulares que utilizan los instructores en el Club son: Samsung Galaxy S9, Mate 10, Huawei P30 lite y pro, por lo no existen dificultades con el manejo del sistema, además con base en las pruebas y comparaciones realizadas se evidencia que el sistema tiene un entorno amigable también con las características de smartphones de gama media.

Blancos de tiro. El Club Deportivo Especializado Formativo “Polygono” dispone de blancos móviles de siluetas, anillos, y poppers para los entrenamientos de tiro, por lo que tomando en cuenta que el sistema de centra en disparos de precisión a 20 m de distancia, los blancos seleccionados corresponden a blancos móviles de siluetas como se muestra en la figura 25, tienen la altura de una persona promedio ubicando el tórax.



Figura N° 25 Blanco móvil de siluetas [9]

Armas de corto alcance: Las armas puestas a disposición por el Club para los entrenamientos, capacitaciones y pruebas de validación son pistolas Pietro Beretta de calibre 9 mm, estas se observan en la figura 26 por su ergonomía, funcionamiento y peso adecuado. Cabe recalcar que el Club tiene los permisos necesarios para su manipulación.



Figura N° 26 Pistola Pietro Beretta [16]

3.2.8 Análisis de software

El software que utiliza el sistema corresponde a plataformas de desarrollo compatibles con la mayor parte de dispositivos móviles de los instructores del tiro del Club y tiradores.

Unity: Es un motor gráfico para el desarrollo de videojuegos multiplataforma que cuenta con un entorno de desarrollo integrado (IDE). En el campo de la realidad aumentada ofrece herramientas para crear experiencias AR totalmente enriquecidas que interactúan de manera inteligente con el mundo real y un flujo de trabajo unificado para todos los dispositivos, es a la vez compatible con Vuforia, la figura 27 muestra su interfaz.

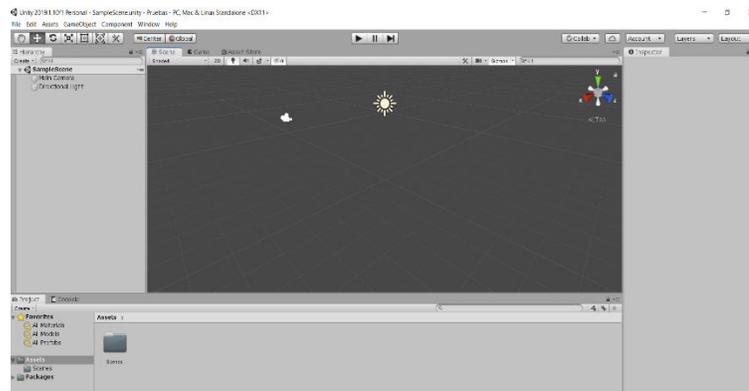


Figura N° 27 Interfaz Unity

Elaborado por: La Investigadora

Existen tres tipos de instaladores para Unity: Personal, Plus, y Empresa, la diferencia radica en que la versión “personal” está disponible para utilizarla en caso de que los ingresos o fondos percibidos por el desarrollo no superen los \$100000 por año.

La última versión hasta la fecha de Unity es la versión 2019.1.11, para instalarla se requiere instalar primero Unity Hub, que no es más que una interfaz de escritorio para agilizar el proceso de instalación y acceso a las diferentes versiones de Unity y sus paquetes complementarios de una manera amigable con el usuario, para ello:

1. Instalar Unity Hub en su versión personal desde la página oficial de Unity: <https://store.unity.com/download?ref=personal>
2. Dentro de Unity Hub en la pestaña de instalación pulsar el botón “Añadir”, se debe seleccionar la versión de Unity que se requiera instalar como se observa en la figura 28.

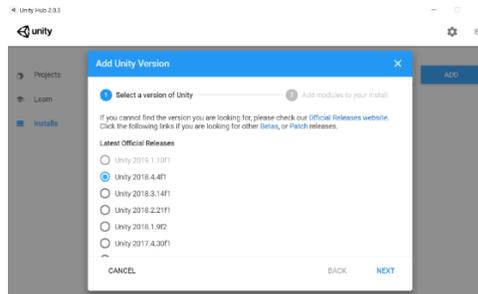


Figura N° 28 Instalación de Unity por medio de Unity Hub

Elaborado por: La Investigadora

3. Al presionar “siguiente” se despliegan los diferentes módulos que pueden ser instalados y las plataformas para las puede ser desarrollado un proyecto, se recomienda seleccionar únicamente lo necesario puesto que son paquetes que utilizan varios recursos del computador. Para el presente proyecto se requiere: Documentación, Soporte de construcción de Android, Soporte de Vuforia y de Windows
4. Verificar que la instalación de haya realizado correctamente, debe visualizarse en Unity Hub un cuadro con la versión de Unity que fue instalada y sus respectivos paquetes como se muestra en la figura 29.

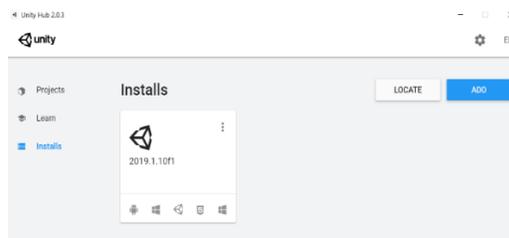


Figura N° 29 Versión instalada de Unity

Elaborado por: La Investigadora

La interfaz de desarrollo de Unity es algo extensa pero muy intuitiva para el usuario, consta de cinco paneles principales que pueden ser organizados en posición y tamaño según las preferencias del usuario, estos se detallan a continuación y se observan en la figura.

1. **Escena:** Es el espacio de trabajo que permite diseñar el escenario del proyecto de manera visual y es en donde se desarrollan las acciones al momento de la compilación.
2. **Panel de Juego:** Muestra el resultado final del proyecto cuando este se está ejecutando desde el punto de vista de la cámara activa.
3. **Jerarquía:** Muestra una jerarquía y un panel de configuración para todos los elementos que forman parte de la escena, para poder navegar rápidamente entre ellos.
4. **Proyecto:** Muestra todos los archivos denominados assets que forman parte del proyecto, de manera que se puede acceder a ellos de manera rápida y organizada
5. **Inspector:** Permite tener acceso a las propiedades configurables del elemento seleccionado, ya que cada elemento tiene componentes distintos.

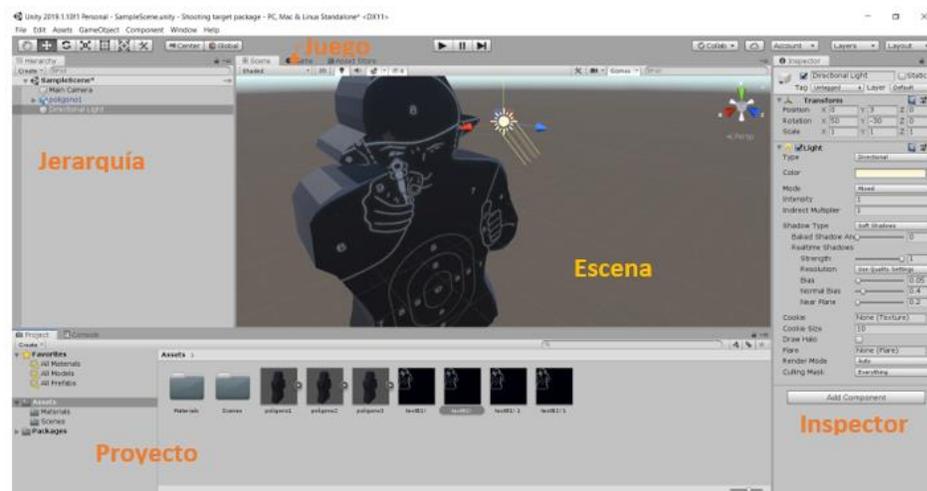


Figura N° 30 Paneles de Unity

Elaborado por: La Investigadora

Vuforia: Es un kit de desarrollo de software (SDK) para la construcción de aplicaciones móviles con realidad aumentada, utiliza para ello la cámara principal del dispositivo móvil y su pantalla para la visualización de los objetos superpuestos, en la actualidad no admite el uso de cámaras externas, mas por las necesidades sobre todo del sector industrial se prevé que para el año 2023 esta opción sea factible. Una aplicación realizada en Vuforia consta de los componentes siguientes: cámara, conversor de imagen, rastreador, y código de aplicación. En la tabla 8 se muestran las características que hacen del SDK de Vuforia el ideal para el desarrollo del proyecto en comparación con plataformas similares.

Tabla N° 8 Comparación diferentes SDK para A.R

	Vuforia	ARCore	Wikitude	ARKit
Compatibilidad S.O	iOS Windows Android	iOS Windows Android	iOS Windows Android	iOS
Utilización de GPS	Robusto	Soporte robusto	Soporte robusto	Soporte robusto
Información para el desarrollo	Abundante	Suficiente	Suficiente	Escasa
Compatibilidad con Unity	100%	100%	80 %	100%
Fortaleza	Uso de marcadores, palabras y botones virtuales Compatibilidad absoluta	Tracking, captura y renderizado. Detección de luz	Geolocalización y renderizado	Localización de posición y seguimiento. Detección de planos.
Limitantes	Tracking aún en desarrollo, estará listo en los años siguientes.	Solo es compatible con ciertas marcas de smartphones	Trabaja bajo una licencia de pago desde el nivel inicial, tiene rivales más fuertes	Desarrollado específicamente para iOS
Renderizado	Eficiente con la mayoría de plataformas.	Eficiente con Unity y Unreal Engine	Requiere de extensiones de renderizado independientes.	Eficiente con Unity y Unreal Engine

Elaborado por: La Investigadora

Las plataformas para el desarrollo de realidad aumentada más robustas son: Vuforia, ARKit y ARCore, esta última es una plataforma sumamente fuerte para el desarrollo de A.R pero no es compatible con todos los smartphones que tienen los instructores del Club, por lo que se descarta, y ARKit se centra en iOS, por lo que la selección del SDK de Vuforia es el óptimo para el desarrollo del sistema, por sus fortalezas y compatibilidad.

Vuforia Engine es un kit de desarrollo de software que se encuentra disponible en la página: <https://developer.vuforia.com/> dentro de ella se requiere de un registro previo, para tener una licencia de desarrollo, esta opción solicita el nombre de una compañía, por lo que al tratarse de un proyecto de titulación se coloca el nombre de la Universidad Técnica de Ambato y se utiliza el correo institucional para la validación del registro. La interfaz que despliega el registro dentro de Vuforia Engine se muestra en la figura 31, esta interfaz contiene las siguientes pestañas:

- **Home:** Se encuentran las actualizaciones de Vuforia
- **Pricing:** Contiene los planes que tiene la plataforma para el uso comercial y empresarial.
- **Downloads:** Muestra los paquetes de compatibilidad con otras plataformas.
- **Library:** Contiene información para el uso adecuado de Vuforia.
- **Develop:** es el archivo para licencias y targets de realidad aumentada.
- **Support:** Es el centro de apoyo con guías e instructivos del uso de Vuforia.

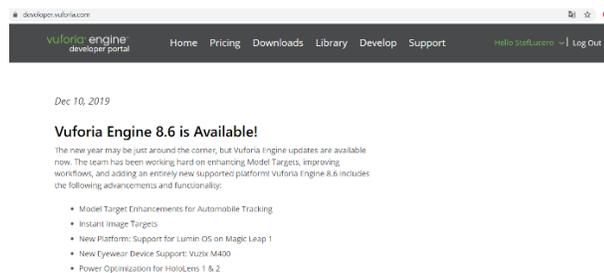


Figura N° 31 Página principal de Vuforia Engine

Elaborado por: La Investigadora

Selección de targets de realidad aumentada para Vuforia.

La tabla 9 muestra las diferentes características de los targets de realidad aumentada que son admitidos por Vuforia conjuntamente con sus características y especificaciones.

Tabla N° 9 Comparación marcadores que admite Vuforia

Targets A.R	Característica	Especificaciones
Position Tracking	Utiliza datos de geolocalización para la ubicación de los elementos A.R	Permite colocar contenido en sitios específicos, para juegos o turismo.
Image Target	Utiliza una imagen vectorizada para superponer sobre ella el elemento AR	Los tags deben estar impresos y visibles
Multi Target	Funciona como image target pero con múltiples imágenes	Las imágenes deben ser diferentes para que el sistema las reconozca
Cylinder Target	Es un image target que utiliza formas cilíndricas o cónicas	Se utiliza para imágenes puntuales, generalmente figuras geométricas.
VuMark	Es como un código QR sobre el que se superpone el elemento A.R	Cada vumark puede ser diseñado de manera independiente.
Object Target	Utiliza el reconocimiento de un objeto para la superposición de elementos	El objeto debe tener varios colores o distintivos para ser reconocido.
Model Target	Permite utilizar un modelo impreso en 3D como target.	Debe tener esquinas, bordes y puntos distintivos.
Ground Plane	Permite colocar contenido AR en el suelo.	Los elementos se pueden rotar y mover a nivel del suelo.

Elaborado por: La Investigadora

Adobe Illustrator:  Es un editor de gráficos vectoriales, en donde se desarrollaron los tags de realidad aumentada para el desarrollo del sistema, puesto que estos deben ser imágenes vectorizadas con la mejor calidad de imagen posibles, en la figura 32 se observan los targets realizados para el proyecto, corresponden a un punto de tiro estandarizado y al isotipo del Club Deportivo Especializado Formativo “Polygono”



Figura N° 32 Imágenes diseñadas para el sistema

Elaborado por: La Investigadora

Blender:  Es un software multiplataforma enfocado en el modelado, iluminación, renderizado, animación y creación de gráficos tridimensionales. En el desarrollo del proyecto permite elaborar el modelado 3D de la silueta que se superpone en el objetivo a disparar y la mira de alineación AR como se observa en la figura 33.



Figura N° 33 Elementos 3D en Blender

Elaborado por: La Investigadora

Visual Studio: Es el software seleccionado para el desarrollo del código de programación de los scripts, este programa tiene un vínculo con Unity para así dirigirse hacia su interfaz de desarrollo de código desde el panel inspector de Unity, permite elaborar script en varios lenguajes de programación como: Java, C++, C#, el sistema utiliza programación en C# para la estabilización de imagen, la figura 34 muestra la interfaz de Visual Studio.

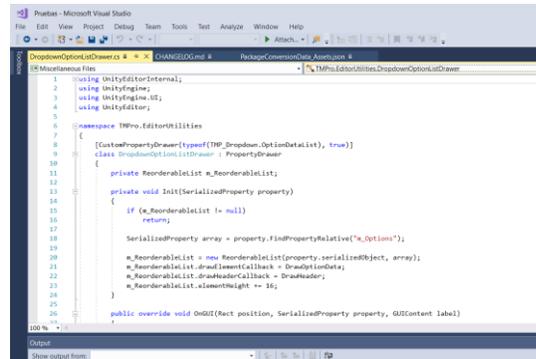


Figura N° 34 Interfaz Visual Studio

Elaborado por: La Investigadora

3.2.9 Configuración de Unity y Vuforia

Unity3D requiere de la instalación previa de ciertos paquetes asociados al entorno que se va a desarrollar, para poder generar una aplicación móvil de realidad aumentada utilizando el SDK de Vuforia se deben seguir los pasos siguientes:

1. Dentro de Unity Hub en la pestaña de proyectos pulsar la opción “Nuevo” y seleccionar la versión de Unity en la que se va a desarrollar el proyecto
2. Establecer el nombre y ubicación del proyecto, además seleccionar la plantilla que mejor se ajuste a la orientación del desarrollo, ya sea en 2D o en 3D.
3. Verificar que el SDK de Android se encuentra correctamente instalado, para ello dentro de Unity se debe dirigir a la pestaña Archivo, herramientas de construcción y

dentro del recuadro de plataforma debe estar el ícono de Android y Windows como en la figura 35.

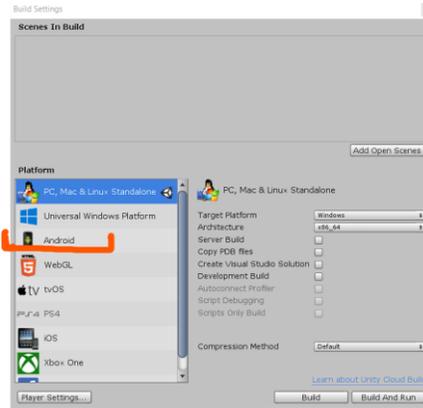


Figura N° 35 Verificación de la instalación del SDK de Android

Elaborado por: La Investigadora

4. Eliminar la cámara principal, en el recuadro de plataforma presionar herramientas de jugador, jugador, herramientas XR y seleccionar el literal de soporte para realidad aumentada de Vuforia como se observa en la figura 36.

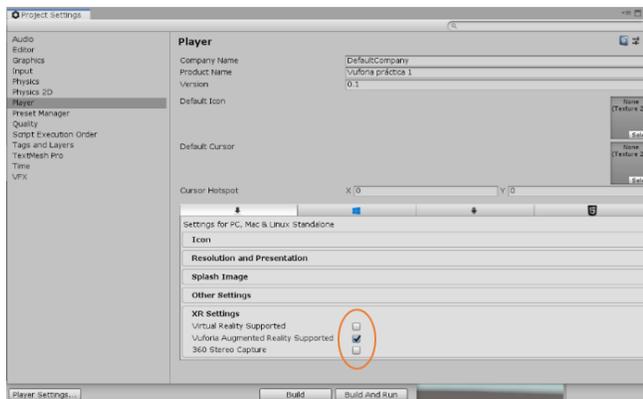


Figura N° 36 Selección soporte de AR

Elaborado por: La Investigadora

- Una vez que la cámara principal esté eliminada seleccionar: Game object, vuforia Engine, seleccionar AR camera, y a continuación: en el inspector, abrir Vuforia configuración, añadir licencia: Esta licencia proviene desde la página web de Vuforia Engine, es única para cada proyecto y se coloca en el espacio que muestra la imagen 36 para importar datos y targets que se encuentran en Vuforia.



Figura N° 37 Licencia de Vuforia en Unity

Elaborado por: La Investigadora

- Registrarse en Vuforia Engine utilizando de preferencia como compañía a la universidad y el correo institucional. <https://developer.vuforia.com/vui/auth/register>
Validar el registro de cuenta en Vuforia a través del correo de confirmación enviado.
- Es necesario crear una llave de licencia del portal de desarrollo de Vuforia <https://developer.vuforia.com> en el bloque “administrador de licencias” presionar “obtener llave de desarrollo” Como muestra la figura 37 Vuforia genera una licencia única que se debe pegar en la pestaña de adición de licencias en Unity.

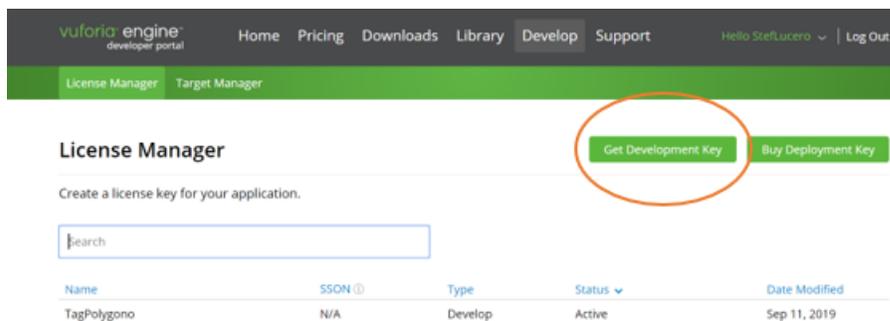


Figura N° 38 Obtención de licencia en Vuforia

Elaborado por: La Investigadora

8. En la pestaña de administrador de marcadores se deben colocar las imágenes que actuarán como marcadores o targets, en este caso, las imágenes diseñadas en adobe illustrator, y se crea una base de datos con ellas, Una vez creado, se debe seleccionar “añadir marcador” para subir las imágenes a Vuforia, hay que considerar que el tamaño de cada una depende de la distancia entre la cámara y el target en metros dividido para 10, en el proyecto el punto de mira se coloca a 0.50m y el isologo a 20 m de la cámara.
9. Una vez subida cada imagen, Vuforia le asigna una calificación entre 5 estrellas según los puntos de reconocimiento que se forman, es recomendable que las imágenes a usar alcancen las cinco estrellas en el reconocimiento para asegurar una detección prolija, este proceso se observa en la figura 38. Aquí también se observan los puntos de reconocimiento de la imagen que se convertirá en marcador o target de realidad aumentada, cada uno de los puntos amarillos de la imagen corresponden a los puntos de reconocimiento que identifica la cámara para superponer sobre ellos elementos AR. Este proceso se observa con claridad en la figura 39 mostrada a continuación:

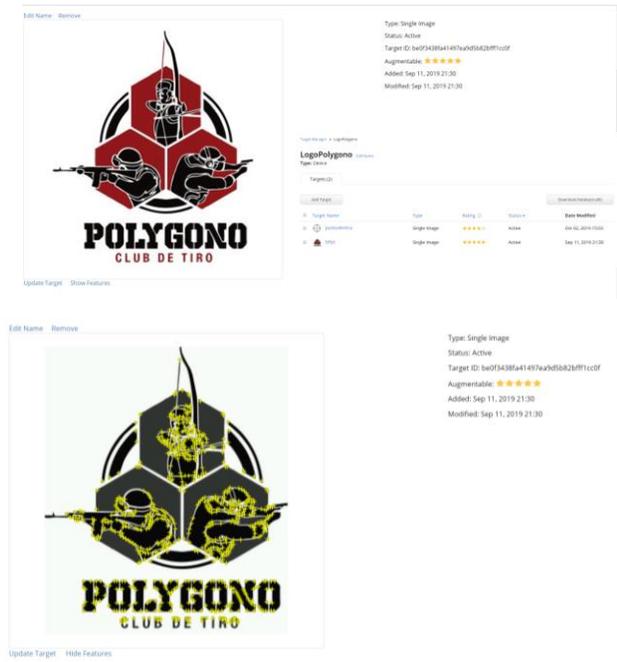


Figura N° 39 Puntos de reconocimiento de los marcadores AR

Elaborado por: La Investigadora

- Posterior a esto se debe descargar la base de datos con los marcadores cargados en Vuforia a manera de paquete seleccionando la plataforma de Unity como destino, todo se descargará como un paquete que debe ser importado en Unity pulsando las siguientes pestañas: Assets, importar, personalizar como se observa en la figura 40.

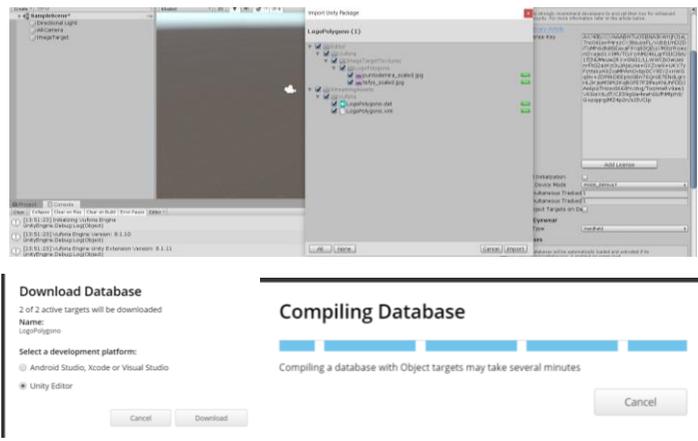


Figura N° 40 Importación del paquete de Vuforia

Elaborado por: La Investigadora

3.2.10 Diseño de un proyecto de realidad aumentada en Unity.

Para realizar un proyecto AR en Unity utilizando Vuforia se debe cumplir con los siguientes pasos descritos a continuación:

- Comprobar que el paquete de marcadores de Vuforia está descargado en Unity.
- Eliminar la cámara principal en la escena y reemplazarla de esta por una cámara AR.
- Dentro de la pestaña GameObject, Vuforia adicionar un ítem de imagen al proyecto.
- Seleccionar el objeto creado y en el panel “inspector” seleccionar la base de datos y marcador al que corresponde, en vista de que el proyecto utiliza marcadores multitarget se repite el proceso para los dos marcadores que utiliza el sistema, al finalizar los pasos se obtienen los resultados de la imagen 41 mostrada a continuación, en donde los marcadores se ubican a nivel del suelo.

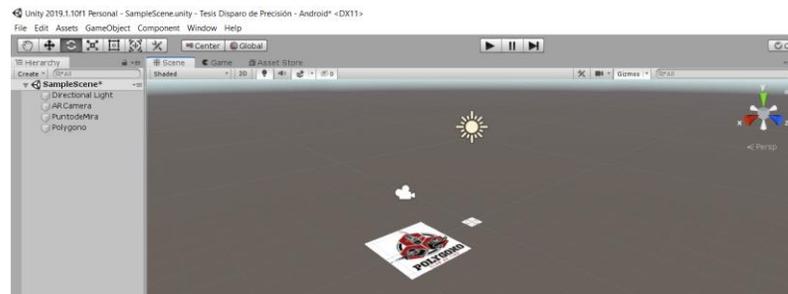


Figura N° 41 Marcadores AR en Unity

Elaborado por: La Investigadora

Sobre los marcadores que se ubican ya en el panel de escena se deben colocar los elementos 3D que van a ser visualizados en la aplicación móvil final, para ello se pueden descargar assets 3D a manera de paquetes de la tienda online de Unity; como el sistema se aplica en un entorno real, los elementos en 3D corresponden a: un punto de mira cuyo tag se ubica en el guión del arma y a una silueta de tiro con puntuaciones que se superpone sobre el isologo ubicado en el objetivo a distancia, cada elemento fue modificado en blender , obteniendo así un archivo con extensión .blend compatible. Es necesario tomar en cuenta el tamaño de los elementos por la distancia a la que se encuentran los marcadores, el tamaño óptimo para ellos se ajusta acorde a pruebas de observación y error.

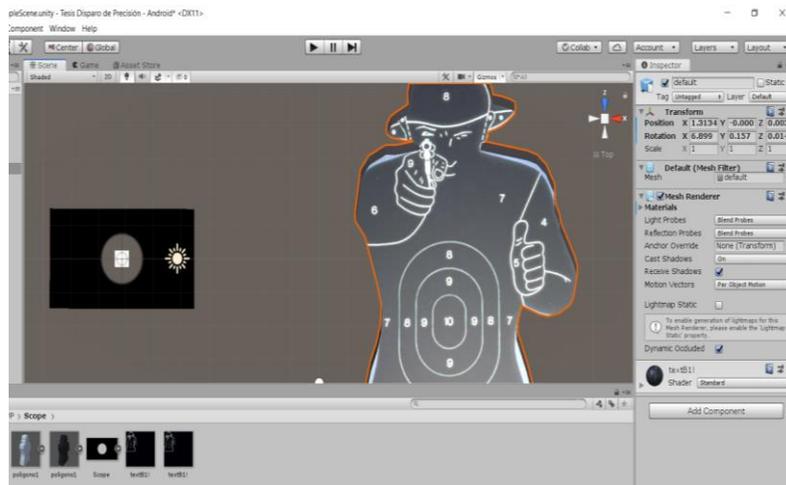


Figura N° 42 Tags y Elementos AR en Unity

Elaborado por: La Investigadora

En este punto es necesario realizar pruebas de funcionamiento para los elementos AR añadidos a través del panel de juegos en Unity, utilizando la cámara del computador para el reconocimiento de marcadores, en esta prueba se evidencia que el punto de mira AR tiende a confundirse por el color del objetivo final, por lo que si diseño es cambiado a uno más interactivo de color verde sin fondo con el centro de tiro en tono rojo para distinguir el punto de precisión hacia donde se dirige el proyectil al momento de disparo del arma. La figura 43 muestra este cambio, que es el definitivo en cuanto al diseño de elementos.



Figura N° 43 Pruebas de funcionamiento de elementos AR en Unity

Elaborado por: La Investigadora

3.2.11 Generación de una aplicación móvil con Unity

Para generar una aplicación móvil en Unity a través del uso del SDK de Vuforia, se deben configurar primero los parámetros de ubicación y luminosidad a los que estará expuesta, para luego añadir la plataforma Android como se muestra en el flujograma de la figura 42

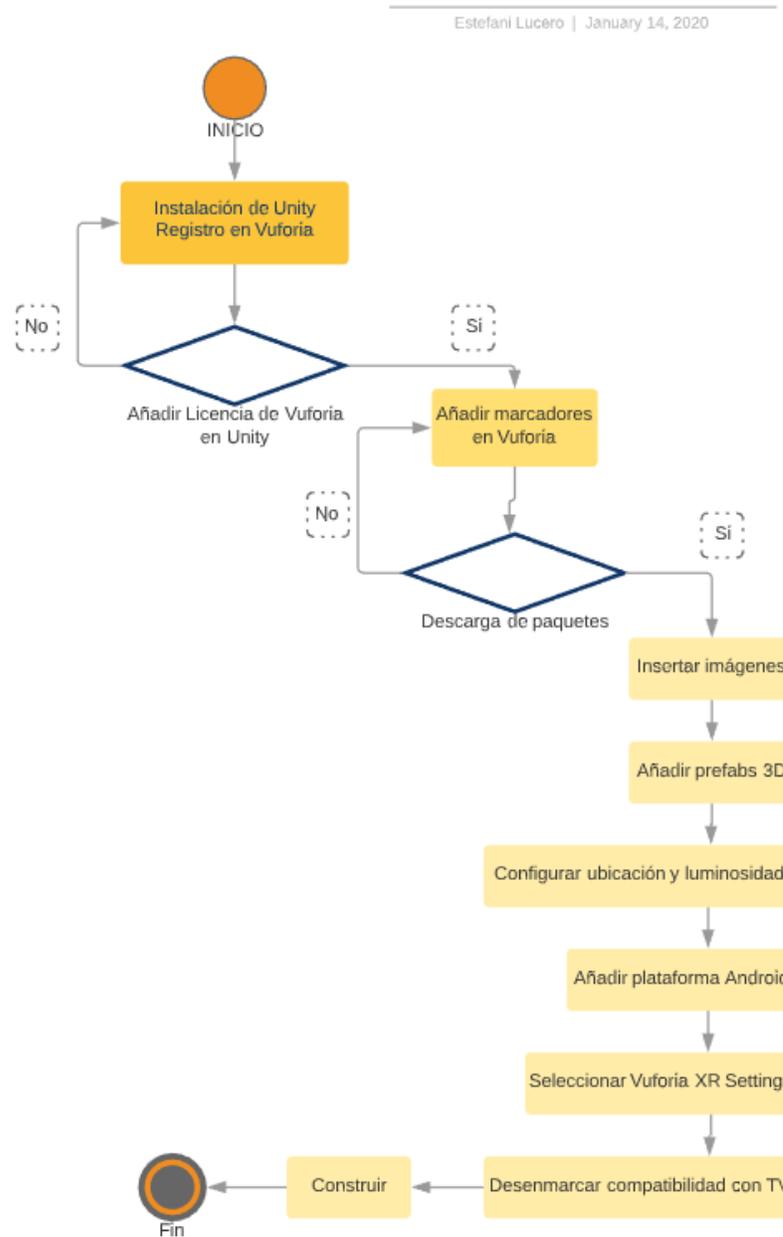


Figura N° 44 Flujograma de una APK de AR en Unity

Elaborado por: La Investigadora

3.2.12 Control de luminosidad para el sistema.

Para que el sistema no presente inconvenientes al ser renderizado en un ambiente al aire libre y con luminosidad natural directa, se configura el objeto “Luz direccional” en Unity en el panel inspector, en donde se realizan las siguientes configuraciones como se observa en la figura 45.

- La intensidad de luz en el área es máxima, por lo que en la pestaña de intensidad se coloca el valor de 2, esto quiere decir que Unity aumentará la cantidad de pixeles sobre las imágenes superpuestas, teniendo un renderizado de mayor nivel.
- Se presentan sombras ligeras o nulas.
- Colocar el modo de renderización en modo automático.
- Para una mejor calidad de imagen se debe aumentar la luz ambiental.
- En el panel de jerarquía colocar la luz direccional como hijo de los elementos 3D.



Figura N° 45 Configuración de luz direccional en Unity

Elaborado por: La Investigadora

3.2.13 Scripts para el sistema de realidad aumentada.

Un script en Unity permite editar el código fuente de los elementos colocados en la escena para conseguir que su desenvolvimiento se ajuste a las necesidades del usuario, para ello Unity tiene una asociación con Visual Studio para la edición de código, posteriormente esto se adjunta al proyecto con la importación de paquetes, el proceso para el desarrollo de un script se observa en el flujograma de la figura 46.

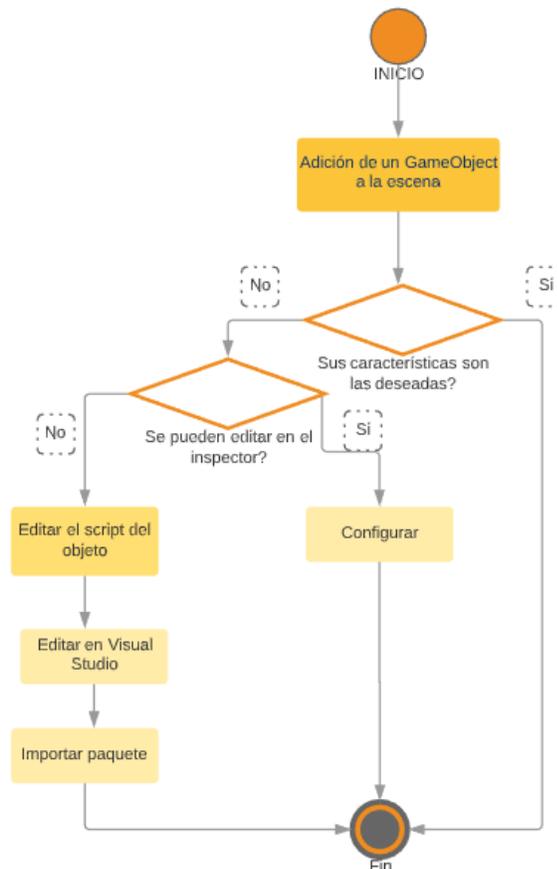


Figura N° 46 Flujograma para la realización de un script

Elaborado por: La Investigadora

En el sistema, la luminosidad es un factor importante, y la configuración de la luz direccional realizada y de los elementos AR no es suficiente, además utiliza demasiados recursos del smartphone, por lo que este se sobrecalienta, lo cual es una desventaja para el sistema, por esta razón se procede a editar los scripts para la silueta de disparo y el punto

de mira, con el fin de añadir luminosidad a cada uno de manera independiente para tener mejores condiciones de visualización sin exigir tanto por parte del dispositivo para la renderización de imagen, además, se mejoran las condiciones generales de luminosidad del sistema incrementando el brillo que asigna Unity a la aplicación móvil cambiando al textura de la silueta de disparo que se superpone en el objetivo. (Anexo 7).

La mira AR tiene un tono verde, para volverla más clara, se puede editar el código fuente del script que la contiene, para ello se pulsa el objeto y dentro del inspector de Unity se añade un componente de tipo Script como se observa en la figura 47, y se crea un nuevo elemento dentro del inspector, para editarlo en visual studio basta con abrir la pestaña de edición de script, en la codificación se asignan valores RGB para colocarla en un tono verde claramente identificable. (Anexo 7).

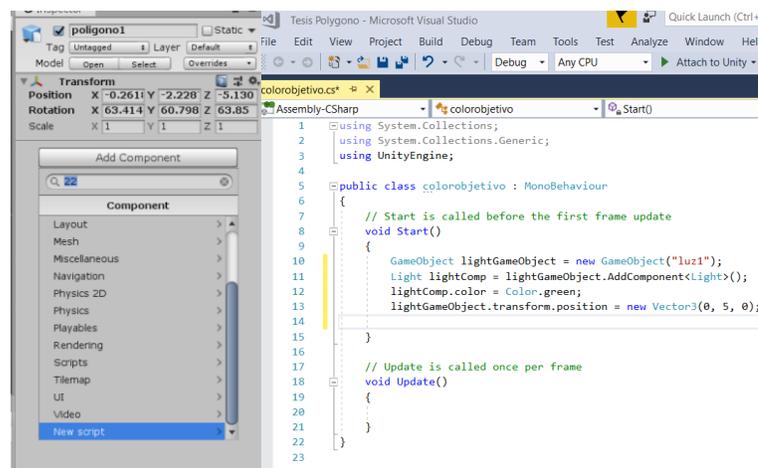


Figura N° 47 Adición de scripts en Unity

Elaborado por: La Investigadora

Todos los parámetros que deseen ser mejorados de cada game object presente en la escena pueden editados mediante el uso de scripts, la mayor parte de ellos trae ya un código fuente en el que se deben editar variables exactas, en caso de que no exista un script directo para parámetros necesarios como: textura, iluminación, porcentaje de brillo y renderización óptima con bajo nivel de consumo se edita el código fuente de los elementos, esta programación se realiza en lenguaje C#. (Anexo 7)

3.2.14 Visualización en doble Pantalla

El sistema requiere que el instructor pueda tener la visión del tirador para poder así corregir posturas y alineaciones erróneas y lograr mayor precisión en el disparo, Unity ofrece la capacidad de crear un entorno multijugador, pero en el apartado de realidad aumentada activa la cámara del segundo dispositivo también, lo que no es ideal en este caso, por ello la mejor alternativa es acceder a un control remoto del dispositivo Android en que corre la aplicación de realidad aumentada, de manera que las dos pantallas visualizan el mismo entorno en tiempo real y el instructor puede así corregir posturas y alineación en el tirador, que tiene la pantalla master. El tirador se coloca un casco de protección balística con soporte para la colocación de un smartphone, como se observa en la figura 48.



Figura N° 48 Casco antibalístico con soporte [37]

3.2.15 Servidor

El sistema requiere que los videos del uso del sistema en cada entrenamiento estén almacenados en un computador, para así tener un historial de entrenamiento de cada tirador, y a su vez revisar los errores más frecuentes que se comenten, por ello se implementó en el ordenador principal del Club un servidor FTP. (Protocolo de transferencia de archivos).

En el computador de la oficina principal del Club Deportivo Especializado Formativo “Polygono” se encuentra instalado un servidor FTP, en la configuración se encuentra un valor de puerto asignado que es el puerto por el cual los instructores se conectan para

iniciar la transferencia de archivos y acceder a la vez a videos almacenados de los tiradores que están instruyendo, cada instructor tiene una clave de acceso para mayor seguridad.

Todos los instructores están habilitados para acceder al servidor y poner añadir videos de cada entrenamiento a carpetas específicas, lo pueden hacer desde sus smartphones al conectarse con la red del Club cuya señal cubre los alrededores de la oficina central a través del uso de la aplicación AndFTP, la cual es absolutamente compatible con el servidor, únicamente pueden acceder por medio del vínculo con la dirección IP del ordenador y la clave otorgada a cada uno de ellos; la interfaz del servidor se muestra en la figura 46.

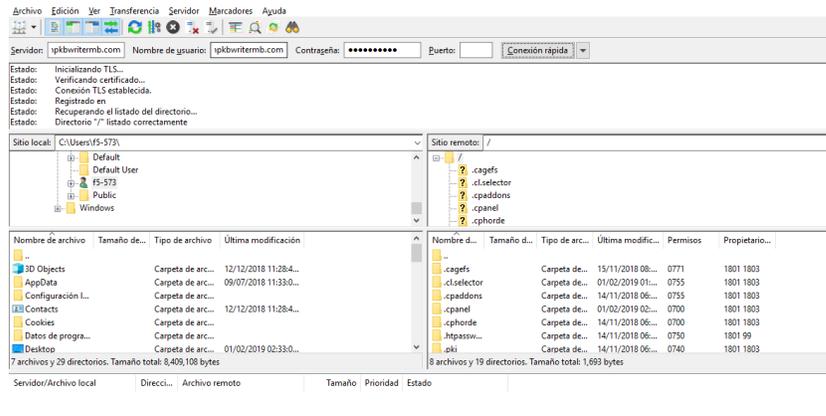


Figura N° 49 Interfaz del servidor FTP

Elaborado por: La Investigadora

3.2.16 Etapa de pruebas

Las pruebas del sistema se realizaron en las pistas de entrenamiento del Club con 3 tiradores amateur, en rondas de tiro de 5 disparos cada uno, primero sin utilizar el sistema, y posteriormente con el sistema. En total 30 tiros, primero se comprueba el acierto de estos en los blancos, contabilizándolos luego de cada disparo, y se coloca un nivel de puntuación según la cercanía al centro del blanco.

El nivel de precisión tiene tres valores: 8, 9 y 10, los tiros perdidos representan un valor de 0, por ello la mejor forma de evaluación del sistema corresponde a un análisis de eficacia, el cual está dado por la fórmula siguiente:

$$Eficacia = (Resultado alcanzado * 100) / Resultado previsto$$

Con los datos obtenidos se realiza una comparación de aciertos al utilizar el sistema y sin utilizarlo, ya que al tratarse de valores enteros y de datos de precisión muy cercanos no se justifica la obtención de varianza sino más bien es relevante una comparación directa para conocer el número de municiones desperdiciadas en las dos series de tiro. La figura 50 muestra uno de los blancos utilizado para la jornada de tiros con el sistema AR y al instructor Carlos Sánchez en la etapa de corrección de postura.



Figura N° 50 Contabilización de tiros en el blanco y corrección de postura

Elaborado por: La Investigadora

En la figura 51 se observa el casco antibalístico Safe Guard que tiene como aditivo un soporte para los dispositivos móviles, el cual está fabricado con aleaciones metálicas y presenta una sujeción absolutamente segura y estable tanto para el tirador como para el smartphone, es adaptable acorde al tamaño requerido y posee una cobertura de tela sobre polímero para evitar rayones, además no obstruye la vista del tirador; tiene la medida exacta para que la cámara capture el marcador de realidad aumentada ubicado en el guión del arma a disparar en el momento de adoptar una posición de tiro estable.



Figura N° 51 Casco de protección antibalística con soporte.

Elaborado por: La Investigadora

En el momento del entrenamiento, al adquirir una postura de disparo, el tirador observa en la pantalla la superposición de dos objetos: primero el blanco a disparar de manera cercana con numeraciones para la cercanía de los disparos con el centro del tórax y en segundo lugar el punto de tiro en color verde, esta alineación es clave para realizar tiros de precisión ya que representa el punto que alcanzará el proyectil al ser disparado, a una distancia de 20 m sobre un blanco de silueta de una persona de estatura promedio.

En la figura 52 se muestra la pantalla con los elementos superpuestos de realidad aumentada, en donde es importante notar que el gui3n de la pistola contiene el primer marcador y el objetivo de disparo contiene el segundo marcador.

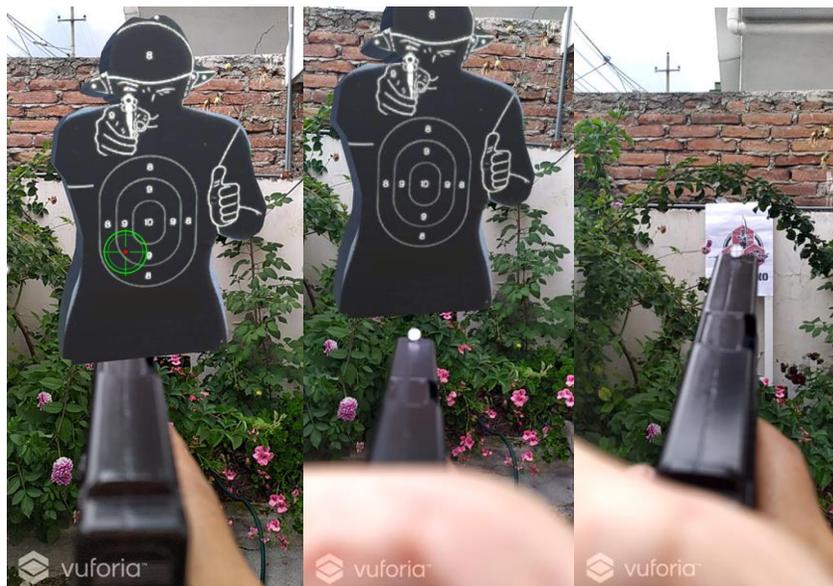


Figura N° 52 Visualizaci3n de elementos de R.A

Elaborado por: La Investigadora

El mayor porcentaje de disparos fallidos est3n relacionados directamente con la postura del tirador, por ello, en un entrenamiento de tiro, el instructor corrige estas posturas, ajust3ndolas a una postura de combate, luego de que el tirador haya practicado con el uso del sistema, debe volver a realizar pr3cticas de tiro sin el sistema, de manera que se compruebe que su uso contribuye a una formaci3n m3s prolija.



Figura N° 53 Pruebas del sistema

Elaborado por: La Investigadora

En la figura 54 se evidencian las pruebas de funcionamiento realizadas en el club, junto con los agujeros que forma el impactos de las municiones de calibre 9mm en los blancos de siluetas, los cuales se contabilizan por cantidad y cercanía a su centro.



Figura N° 54 Pruebas de funcionamiento

Elaborado por: La Investigadora

Para la validación del sistema y pruebas, se realizaron también comparativas del funcionamiento con un polígono virtual de tiro, en donde se obtuvieron las conclusiones mostradas a continuación en la tabla 10:

Tabla N° 10 Comparación de características del sistema AR con un polígono virtual

Sistema de Realidad Aumentada	Polígono de Tiro Virtual
Permite el uso de armas y municiones reales.	Utiliza armas y municiones de aire, cuyas características no se asemejan a las condiciones reales de un enfrentamiento.
El entrenamiento puede ser en un ambiente al aire libre, sujeto a variaciones climáticas y en contacto con el entorno.	El entrenamiento se realiza en un lugar cerrado, no hay interacción con factores externos.
La trayectoria de las municiones y fuerza de retroceso del arma en la detonación es real y requiere de estrategias tácticas adecuadas.	Suelen utilizarse rayos láser para simular el trayecto de las municiones, lo cual no suple la interacción con la fuerza de retroceso de un arma de fuego.
La visión y el entorno no son con invadidos por completo por elementos virtuales, sino que los acopla de una manera no invasiva ni molesta,	El entorno de entrenamiento se torna completamente digitalizado, la inmersión a un sistema virtual lo aleja de las condiciones reales de reacción

Elaborado por: La Investigadora

3.3 Resultados

Para medir la eficacia del sistema, se desarrollaron series de entrenamiento de cinco tiros cada una con tres tiradores amateurs, primero bajo la instrucción tradicional, sin utilizar el sistema de realidad aumentada, y se contabilizó el número de tiros acertados en el blanco, posterior a ello se realizó una nueva serie de disparos pero esta vez utilizando el sistema de realidad aumentada junto con el instructor de tiro, para contabilizar nuevamente la cantidad de disparos acertados en el blanco, estos resultados se observan en la tabla 11

La media aritmética de la eficacia del sistema muestra que se tiene una mejora del 47 % en el cambio de un entrenamiento convencional a un entrenamiento utilizando el sistema de realidad aumentada bajo inspección continua de un instructor de tiro.

Tabla N° 11 Tabla de resultados de tiros acertados

	N° DE TIROS ACERTADOS		(%) DE TIROS ACERTADOS	
	SIN SIST AR	CON SIST AR	SIN SIST AR	CON SIST AR
Tirador 1	3	5	60%	100%
Tirador 2	1	4	20%	80%
Tirador 3	2	4	40%	80%

Elaborado por: La Investigadora

En la figura 55 se observan los resultados de tiros acertados al blanco por parte de cada uno de los tres tiradores en cada serie de cinco disparos, al utilizar el sistema de realidad aumentada, el acierto al blanco es mucho más propenso a suceder, ya que el instructor tiene un acceso total a la vista del tirador y corrige las posturas y alineaciones erróneas, de esta figura se obtiene que al utilizar el sistema de realidad aumentada únicamente dos municiones fueron desperdiciadas, de los 15 totales de la serie, mas no así con el método tradicional, en donde se desperdiciaron 9 municiones de las 15 ocupadas en la prueba.

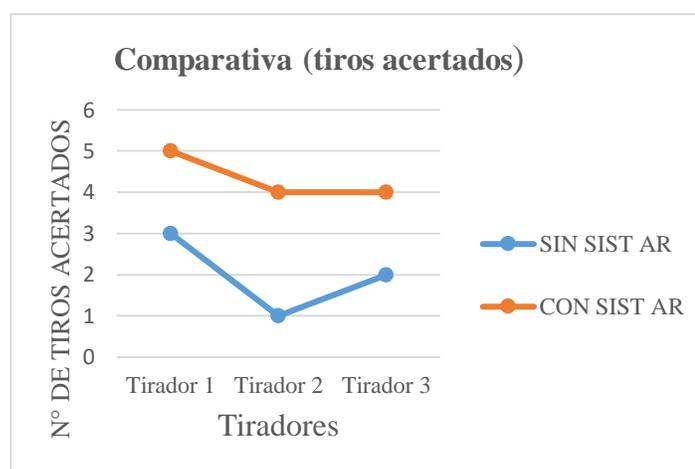


Figura N° 55 Cuadro comparativo de tiros acertados

Elaborado por: La Investigadora

La tabla 12 muestra la cercanía de los disparos al centro del blanco, el cual es letal, y tiene una puntuación máxima de 10 puntos, las áreas contiguas una puntuación de 9 y las áreas más dispersas, pero dentro del blanco tienen una puntuación de 8, todos los tiros que no hayan alcanzado el blanco tienen una puntuación de 0. Esta tabla permite medir la precisión del disparo en los entrenamientos al utilizar el sistema AR como sin utilizarlo.

Tabla N° 12 Precisión de disparos

PRESICIÓN DE LOS DISPAROS			
	N° Tiro	SIN SIST AR	CON SIST AR
Tirador 1	1	8	8
	2	0	9
	3	0	8
	4	9	9
	5	8	10
Tirador 2	1	0	0
	2	0	8
	3	0	8
	4	8	9
	5	0	8
Tirador 3	1	0	8
	2	8	0
	3	0	9
	4	8	10
	5	0	8

Elaborado por: La Investigadora

La figura 56 muestra una comparación de las puntuaciones obtenidas acorde a la precisión de cada disparo, de donde se obtiene que: al utilizar el sistema AR, de los 15 tiros totales:

- 13% son tiros perfectos
- 27 % son de nivel medio
- 47% se aciertan a zonas externas del tórax del blanco de silueta.
- 13% de los tiros se pierden.

A su vez, los resultados de precisión obtenidos del entrenamiento sin el sistema AR son:

- No existen tiros perfectos, es decir dirigidos al centro de la silueta.
- 7 % son tiros de nivel medio
- 33% se aciertan a zonas externas del tórax del blanco de silueta.
- 60% de los tiros se pierden

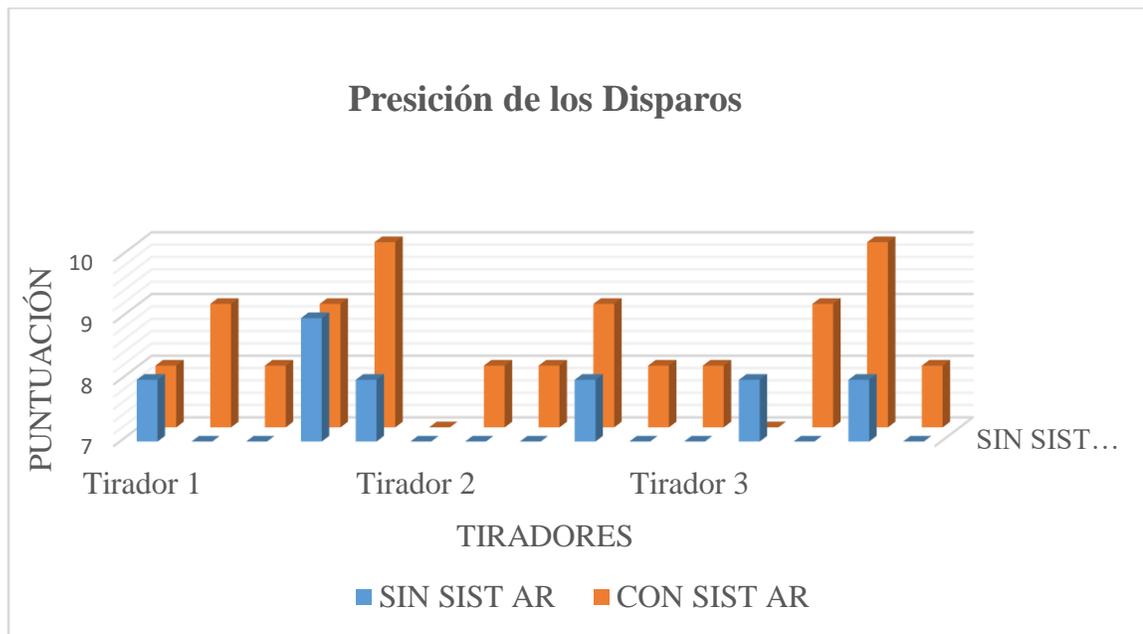


Figura N° 56 Gráfica comparativa de precisión de tiros

Elaborado por: La Investigadora

Lo ideal es que los tiradores, adquieran una postura correcta y un adecuado control del arma en un tiempo menor de entrenamiento, con una disminución en la cantidad de municiones desperdiciadas; la tabla 13 muestra los resultados obtenidos en un entrenamiento de prueba sin utilizar el sistema de realidad aumentada con tres tiradores que ya tuvieron de forma inicial una instrucción de tiro con el sistema, este entrenamiento emplea únicamente dos disparos por parte de los tiradores y también cuenta con la supervisión de un instructor de tiro del club.

Tabla N° 13 Precisión de tiros luego de usar el Sistema AR

PRECISIÓN DE DISPAROS		
	N° Tiro	Precisión
Tirador 1	1	8
	2	9
Tirador 2	1	0
	2	9
Tirador 3	1	8
	2	0

Elaborado por: La Investigadora

La figura 57 muestra que los tiradores que realizan entrenamientos con el sistema de realidad aumentada en un nivel inicial presentan una mayor retención de las correcciones realizadas por el instructor, reteniéndolas de manera cognoscitiva, por lo que al volver a un entrenamiento recuerdan las posturas correctas y las aplican, lo que hace que sus disparos aún sin utilizar el sistema sean más precisos.

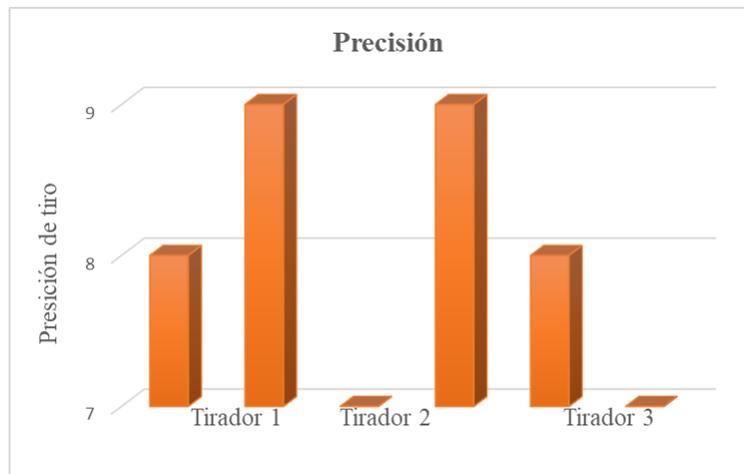


Figura N° 57 Precisión de disparos luego de usar el sistema

Elaborado por: La Investigadora

CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.3 4.1 Conclusiones

- Con base en los resultados recabados durante el análisis de factores externos, estrategias tácticas e información de las instalaciones del Club Deportivo Especializado Formativo “Polygono” se infiere que el sistema de realidad aumentada desarrollado debe tener en cuenta únicamente al factor externo de luminosidad, ya que el proyecto estará expuesto constantemente a un ambiente al aire libre con clima cálido seco, los demás factores externos no se consideran puesto que la distancia de las pistas de entrenamiento no supera los 30 m, por lo que la trayectoria de los proyectiles sufre variaciones en parámetros físicos tan ínfimos que se consideran despreciables a la velocidad de 360 m/s que alcanzan los proyectiles de calibre 9 mm con pistolas Pietro Beretta y Glock que se utilizan en los entrenamientos de tiro dentro del Club.
- Es imprescindible que todos los fundamentos de tiro sean entrenados previo a la utilización del sistema, ya que influyen de manera directa en la precisión del disparo; no obstante, los fundamentos de tiro sobre los que trabaja el sistema de realidad aumentada son: postura, alineación y encuadre de miras, permitiendo tener una corrección constante sobre los errores sistemáticos que comete el tirador, a causa de las limitantes de visión en un cuadro de enfoque y posición de tiro inadecuado bajo tutoría de un instructor del Club para lograr así disparos efectivos y reducir la cantidad de municiones desperdiciadas en el entrenamiento.

- El Club Deportivo Especializado Formativo “Polygono” tiene en sus cinco pistas de entrenamiento puntos de referencia importantes para el sistema, el primero ubica a los blancos de siluetas que se encuentran a 20 m del tirador, además esta distancia es la que hace que factores externos no influyan en el disparo; el instructor está ubicado a pocos metros, lo que le permite corregir posturas erróneas de tiro, finalmente las armas tienen un marcador de realidad aumentada colocado en el guión, lo que hace que el reconocimiento por parte del sistema sea prolijo y enfoque claramente el destino que tendrá la munición en el objetivo, lo que incrementa las capacidades cognitivas de los tiradores, haciendo que recuerden las correcciones por parte del instructor y las precisión de sus disparos posteriores sin utilizar el sistema sean más exactos.
- El sistema de realidad aumentada no es invasivo y suple las limitaciones que tiene el tirador en el momento de alineación de miras, admite una instrucción táctica, y permite un entrenamiento bajo condiciones físicas reales, lo cual es sumamente importante, en razón de que ningún arma de fuego tiene la precisión y consistencia de un rayo láser, finalmente las municiones son aprovechadas en un 87% y el tiempo del instructor es invertido en la corrección puntual de las deficiencias de alineación y postura por parte de los tiradores, haciendo su trabajo más eficiente.

4.2 Recomendaciones

- Es fundamental que un practicante de tiro que vaya a utilizar el sistema de entrenamiento con realidad aumentada reciba en primera instancia una instrucción teórica sobre el manejo adecuado de armas y el reglamento interno del Club Deportivo Especializado Formativo “Polygono” para garantizar su seguridad.

- Los marcadores de realidad aumentada a utilizar deben considerar la distancia desde la cámara a la que van a estar colocados para que puedan ser reconocidos y no ralenticen el funcionamiento del sistema.
- Las imágenes que se requieran como marcadores para el sistema de realidad aumentada deben ser de preferencia imágenes vectorizadas, ya que ello facilita la identificación de puntos en Vuforia Engine para el reconocimiento de la cámara AR y lograr así una mejor estabilización de los elementos superpuestos.
- Antes de editar cualquier tipo de script para los elementos encontrados en escena dentro de Unity es recomendable investigar si pueden ser configurados mediante el panel inspector, esto evita que se comentan errores de codificación y agiliza el proceso de creación de cualquier desarrollo en la plataforma.

Bibliografía

- [1] P. V. Villalba Novoa, “Gerencia de tecnologías de simuladores de polígonos de tiro,” PUCE, 2015.
- [2] C. P. Castro Silva, “Desarrollo de un sistema de calificación para un polígono virtual de tiro basado en visión por computador,” Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE., 2018.
- [3] M. Saona Domínguez, “Diseño y construcción de un sistema mecatrónico, de detección de puntajes automatizado en Blancos o Dianas para un polígono de tiro,” Quito, 2014.
- [4] J. Encalada and D. Calderón, “Incidencia de la utilización del polígono de tiro virtual y el mejoramiento en la eficiencia del tiro real en la Escuela Superior Militar" Eloy Alfaro",” Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. ESMIL. Carrera de Licenciatura en Ciencias Militares, 2011.
- [5] D. I. Altamirano Díaz, “Bits de inteligencia empleando realidad aumentada orientado a la enseñanza del lenguaje infantil,” Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial 2018.
- [6] Á. S. Yáñez Yáñez, D. I. Altamirano Díaz, and R. F. Avilés Tenorio, “La realidad aumentada y su relación en los procesos pedagógicos de los estudiantes universitarios,” Universidad del Azuay, 2018.
- [7] D. T. De, “UNIVERSIDAD DEL AZUAY MODELO DE REALIDAD AUMENTADA APLICADA A LA DIFUSIÓN DE PATRIMONIO TESIS PREVIA A LA OBTENCION,” Cuenca, Ecuador, 2015.
- [8] L. D. Alfaro Tovar, “Proyecto de factibilidad para un cuarto de disparo a utilizarse en el laboratorio de balística del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de

- Guatemala,” Universidad de San Carlos de Guatemala, 2018.
- [9] C.Sánchez., “Capacitación Club Deportivo Especializado Formativo ‘Polygono.’” 2019.
- [10] A. Mitaritonna and M. J. Abásolo Guerrero, “Mejorando la conciencia situacional en operaciones militares utilizando la realidad aumentada,” in *XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, 2013.
- [11] R. David Wm. Brown Cd, “A Survey of mobile augmented reality technologies for combat identification applications.”
- [12] L. Romero and L. Tayjoy, “Diana Electrónica para mejorar el Rendimiento de los Deportistas del Club de Tiro Ricardo Donovan, Trujillo 2018,” 2018.
- [13] S. R. Araujo Medina, “Programa de entrenamiento físico para mejorar la efectividad en el tiro táctico de los miembros del grupo de intervención y rescate de la policía Nacional del Ecuador acantonado en la ciudad de guayaquil de la provincia del Guayas,” Universidad de Guayaquil. Facultad de Educación Física Deporte y Recreación, 2016.
- [14] H. M. Chamorro, *Manual del instructor de tiro*. Editorial Club Universitario, 2013.
- [15] F. G. A. Avila Marianela Proaño, “DEFINICIONES Y CLASIFICACIONES DE ARMAS DE FUEGO,” *URVIO, Rev. Latinoam. Estud. Secur.*, 2011.
- [16] HunterEducation, “Armas de fuego y municiones.” 2018.
- [17] Q. Alajo and D. Izandro, “La aplicación de normas básicas de seguridad y su importancia en el deporte del tiro al blanco con la pistola Glock no. 17 para el personal policial de las upc del comando de policía no. 9 de la provincia de Tungurahua,” 2013.
- [18] K. K. Bhagat, W.-K. Liou, and C.-Y. Chang, “A cost-effective interactive 3D virtual reality system applied to military live firing training,” *Virtual Real.*, vol.

20, no. 2, pp. 127–140, Jun. 2016.

- [19] E. R. Ramírez, “GALILEO y EL PRINCIPIO DE INERCIA,” Costa Rica, 1979.
- [20] A. Gromer, *Física en la ciencia y en la industria*, McGraw-Hil. Barcelona, España, 2006.
- [21] O. Delgue, “Municiones y Códigos de Identificación.” 2009.
- [22] M. A. Fox, “Ammunition,” in *Glossary for the Worldwide Transportation of Dangerous Goods and Hazardous Materials*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1999, pp. 8–18.
- [23] S. Ravel, “Tipos de munición y partes principales.” 2018.
- [24] J. G. Hincapie Zuluaga, “Manual de balística,” *Ediciones Libr. del Prof. St. Fe Bogota. DC Colomb.*, 2000.
- [25] E. Trust, “Manual del cartucho.” 2019.
- [26] J. Tierno, “El blog de tiro táctico.” 2016.
- [27] “Armas & Defensa del Hogar,” 2019. [Online]. Available: <https://armas-defensa.com/tecnica/tecnica-de-tiro/postura-de-tiro/>.
- [28] A. Otamendi, “Las armas de fuego en América Latina: Tiempo de balance,” *URVIO, Rev. Latinoam. Estud. Secur.*, 2011.
- [29] X. Basogain, M. Olabe, K. Espinosa, C. Rouèche, and J. C. Olabe, “Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente.”
- [30] N. M. Fernández Sánchez and others, “Sistema de realidad aumentada para aplicaciones Android,” 2012.
- [31] R. A. J. Luis, A. Cabrera, R. Enrique, and A. Tafur, “Desarrollo de una Aplicación Móvil y una Guía de Turismo para la Visualización y Descripción de los Sitios Turísticos del Centro de la Ciudad de Cartagena.”

- [32] UNITY, “Unity para todos.” 2019.
- [33] VUFORIA, “Vuforia Engine.” 2019.
- [34] K. B. Jonathan Linowes, *Augmented Reality for Developers: Build practical augmented reality ...* - Jonathan Linowes, Krystian Babilinski - Google Libros, Packt Publ. UK, 2017.
- [35] C. Badillo, “Plan de procedimientos Club Deportivo Especializado Formativo ‘POLYGONO,’” Quito.
- [36] S. Community, “6 mm Sniper.” [Online]. Available:
<https://6mmsnipercommunity.foroactivo.com/t166-factores-que-condicionan-el-disparo-y-correcciones-de-tiro>.
- [37] J. Gutierrez and A. Ingui, *Instructor de tiro*, Coelcción. Argenitna: Seguridad y Defensa, 2013.

3.4 Anexos

Anexo 1: USO ADECUADO DE LAS ARMAS DE FUEGO

DISPOSICIONES GENERALES RELACIONADAS CON EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD DE TIRO Y SOBRE MEDIDAS DE SEGURIDAD. -

A fin de garantizar la seguridad de los tiradores, instructores, personal afectado al tiro y espectadores, brindará una atención cuidadosa y permanente en el manejo de las armas y/o sus municiones, dentro del polígono o instalaciones para la práctica de tiro. El personal del Club deberá implementar medidas para fomentar la autodisciplina de todas las personas que utilizan el polígono a fin de optimizar los niveles de seguridad. [35]

1. Los instructores de tiro y responsables del polígono deberán notificar al personal del Club, o tomar medidas correctoras sobre situaciones peligrosas que puedan causar un accidente o daños a personas o bienes.
2. Se verificará permanentemente que se dispare en los blancos y se prohibirá disparar a objetos que no sean los blancos diseñados para ese fin.
3. Las instalaciones deben estar en condiciones de ser utilizadas todos los días, dentro del horario establecido. Debiéndose instrumentar un adecuado mantenimiento de las mismas. En oportunidad de efectuarse dicho mantenimiento estará prohibido el tiro en la instalación afectada. Hasta que la pista este de nuevo operativa.
4. El personal del Club, dispondrán que los concurrentes guarden la debida compostura y mantenimiento del silencio, no molestando al tirador con aprobaciones, críticas o conversaciones; que cumplan estrictamente el reglamento interno sobre medidas de seguridad, los turnos de tiro, las reglas sobre el correcto uso de las armas y las indicaciones de los encargados, instructores y demás personal afectado al tiro, acatando las resoluciones de dichas autoridades. Quienes no ajusten su conducta a lo prescripto generan un riesgo, debiendo ser seriamente

advertidos, sancionados o expulsados, según la gravedad de la falta. Esto será sin excepción alguna.

5. Debe prohibirse la práctica de tiro a toda persona o grupo de tiradores que no demuestren suficiente instrucción o idoneidad en el manejo de las armas de fuego, salvo aquellos que específicamente están recibiendo capacitación con los instructores.
6. Debe ser comprobable que es un instructor certificado, ya sea con un certificado, curso, carnet etc.
7. Debe prohibirse durante la práctica de tiro el consumo de bebidas alcohólicas. En caso de estar en estado etílico o con olor a alcohol se les solicitara dejar las instalaciones del Club. LAS BEBIDAS ALCOHOLICAS ESTAN TOTALMENTE PROHIBIDAS EN LAS PISTAS Y MIENTRAS TENGA UN ARMA.
8. A toda persona que concurra a realizar alguna actividad de tiro, antes de hacer uso de las instalaciones, se le deberá solicitar el permiso del arma.
9. La alimentación del arma se efectuará justamente antes de realizar los disparos hacia los blancos.
10. No se puede apuntar un arma a una persona de ninguna manera.
11. No se permitirá circular por el polígono con armas cargadas.
12. Al finalizar cada práctica de tiro se verificará que el arma esta descargada.
13. Las armas deben transportarse descargadas en sus estuches, fundas o en un bolso.
14. A la voz de ALTO EL FUEGO, debe cesar de inmediato toda actividad de tiro, procediendo a acondicionar el arma que se estuviere utilizando en la forma precedentemente señalada.
15. Los tiradores, deberán utilizar durante la práctica del tiro, gafas de seguridad para disparar con armas cortas y protectores auditivos en todos los casos.

Anexo 2: MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL POLÍGONO DE TIRO

Independientemente de lo que se estableciera en cada Reglamento Interno de Tiro, necesariamente deberán incluirse las siguientes medidas de seguridad: [35]

1. Considere que su arma se encuentra siempre cargada, nunca crea lo contrario, por lo que deberá extremar el cuidado al manipularla
2. Dirija siempre la boca de su arma hacia un lugar seguro.
3. Verifique siempre que el cañón de su arma no está obstruido.
4. Utilice munición apropiada al tipo de arma que emplee.
5. Circule con el arma abierta y sin munición en ella.
6. Nunca apunte a nada ni a nadie que no sea el blanco.
7. Guarde el arma en lugar seguro para usted y su familia.
8. No beba alcohol antes o durante la práctica del tiro.

Anexo 3: ACUERDO MINISTERIAL EN VIGENCIA



ACUERDO MINISTERIAL Nro.0903

EC. ANDREA DANIELA SOTOMAYOR ANDRADE
MINISTRA DEL DEPORTE

CONSIDERANDO:

QUE, el artículo 154 de la Constitución de la República establece que: “A las ministras y ministros de Estado, además de las atribuciones establecidas en la ley, les corresponde: 1. Ejercer la rectoría de las políticas públicas del área a su cargo y expedir los acuerdos y resoluciones administrativas que requiera su gestión. (...)”;

QUE, la Constitución de la República en su artículo 381 señala que: “El Estado protegerá, promoverá y coordinará la cultura física que comprende el deporte, la educación física y la recreación, como actividades que contribuyen a la salud, formación y desarrollo integral de las personas; impulsará el acceso masivo al deporte y a las actividades deportivas a nivel formativo, barrial y parroquial; auspiciará la preparación y participación de los deportistas en competencias nacionales e internacionales, que incluyen los Juegos Olímpicos y Paraolímpicos; y fomentará la participación de las personas con discapacidad.

El Estado garantizará los recursos y la infraestructura necesaria para estas actividades. Los recursos se sujetarán al control estatal, rendición de cuentas y deberán distribuirse de forma equitativa.”;

QUE, el artículo 13 de la Ley del Deporte, Educación Física y Recreación, señala que: “El Ministerio Sectorial es el órgano rector y planificador del deporte, educación física y recreación; le corresponde establecer, ejercer, garantizar y aplicar las políticas, directrices y planes aplicables en las áreas correspondientes para el desarrollo del sector de conformidad con lo dispuesto en la Constitución, las leyes, instrumentos internacionales y reglamentos aplicables. (...)”;

QUE, de acuerdo con el artículo 14, literal l), del mismo cuerpo normativo, es una función y atribución del Ministerio del Deporte “Ejercer la competencia exclusiva para la creación de organizaciones deportivas, aprobación de sus Estatutos y el registro de sus directorios, de acuerdo a la naturaleza de cada organización (...)”;

QUE, el literal b) del artículo 17 de la Ley del Deporte, Educación Física y Recreación, determina que forma parte del sistema deportivo ecuatoriano, entre otros el Club deportivo especializado formativo;

QUE, de acuerdo al literal a) del artículo 27 de la Ley del Deporte, Educación Física y Recreación, el Club deportivo especializado formativo se enlista dentro de la estructura del deporte formativo;

QUE, dentro del cuerpo legal antes mencionado, en el artículo 28 señala lo siguiente: *“El Club deportivo especializado formativo está orientado a la búsqueda y selección de talentos e iniciación deportiva. Estará constituido por personas naturales y/o jurídicas (...)”*; y, para obtener la personería jurídica deberá cumplir con los requisitos que establece el mismo artículo y el artículo 30 de su Reglamento General;

QUE, el artículo 63 del Reglamento General a la Ley del Deporte, Educación Física y Recreación establece los requisitos para la aprobación de Estatutos;

QUE, el artículo 33 del Acuerdo Ministerial 694A de 01 de diciembre de 2016 denominado: *“INSTRUCTIVO DE PROCEDIMIENTO Y REQUISITOS PARA APROBACIÓN Y REFORMA DE ESTATUTOS, OTORGAMIENTO Y RATIFICACIÓN DE PERSONERÍA JURÍDICA; REGISTRO DE DIRECTORIO; Y LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE REGISTRO PARA ORGANISMOS DEPORTIVOS-SODE-”*, especifica que se ejecutaran procesos de evaluación a las organizaciones creadas a través de un seguimiento y control posterior, por lo cual se emitirá el certificado de *“Organización Deportiva Activa”* que será competencia de la Subsecretaría de Deporte y actividad Física, para poder verificar que la organización deportiva se encuentre en actividad;

QUE, mediante Decreto Ejecutivo N°. 8 de 24 de mayo de 2017, el señor Presidente Constitucional de la República, Licenciado Lenín Moreno Garcés, nombra como Ministra del Deporte a la Economista Andrea Daniela Sotomayor Andrade;

QUE, mediante Acuerdo Ministerial 0683 de 25 de marzo de 2013, se concede personería jurídica y se aprueba el estatuto del **CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO “POLYGONO”**;

QUE, mediante oficio Nro. MD-DAD-2017-0674 de 19 de abril de 2017, se registró el directorio del **CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO “POLYGONO”**, para un periodo de **CUATRO** años, que rigen desde el 23 de febrero de 2017;

QUE, mediante oficio S/N de 31 de agosto de 2017, ingresado al Ministerio del Deporte con número de trámite MD-DSG-2017-8295, de fecha 07 de septiembre del 2017, por medio del cual, el señor Carlos Rubén Badillo Guerra, en calidad de presidente del **CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO “POLYGONO”**, solicita se apruebe la reforma al estatuto y se ratifique la personería jurídica de la organización deportiva mencionada;

QUE, mediante oficio No. 257-AJ-CDP/17 de 6 de septiembre del 2017, la Concentración Deportiva de Pichincha, remite el informe favorable para que se apruebe la reforma del estatuto del **CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO “POLYGONO”**;

QUE, mediante Memorando Nro. MD-DDF-2017-1742 de fecha 25 de septiembre de 2017, suscrito por el Lcdo. César Alfredo Galárraga Galarza,



emite el Informe Técnico Favorable del **CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO "POLYGONO"**, para la práctica de las disciplinas de **AIRSOFT** y **PAINTBALL**;

QUE, mediante Memorando Nro. MD-DDF-2017-1744 de fecha 26 de septiembre de 2017, la Dirección de Deporte Formativo, remite a la Subsecretaría de Deporte y Actividad Física, el Informe favorable y el expediente del **CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO "POLYGONO"**, para que se continúe con el trámite respectivo;

QUE, mediante Memorando Nro. MD-SSDAF-2017-1238 de fecha 26 de septiembre de 2017, la Subsecretaría de Deporte y Actividad Física, remite a la Dirección de Asuntos Deportivos, el expediente del **CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO "POLYGONO"**, para que continúe con el trámite respectivo;

QUE, mediante oficio Nro. MD-DAD-2017-1989 de 05 de octubre de 2017, la Dirección de Asuntos Deportivos emite observaciones al trámite de aprobación de la reforma del estatuto del **CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO "POLYGONO"**;

QUE, mediante oficio S/N de 20 de octubre de 2017, ingresado al Ministerio del Deporte con número de trámite MD-DSG-2017-10001, de fecha 24 de octubre del 2017, por medio del cual, el Sr. Carlos Rubén Badillo Guerra, en calidad de presidente del **CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO "POLYGONO"**, remite la documentación faltante para el trámite de aprobación de reforma del estatuto;

QUE, mediante oficio Nro. MD-DAD-2017-2242 de 07 de noviembre de 2017, la Dirección de Asuntos Deportivos emite observaciones al trámite de aprobación de la reforma del estatuto del **CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO "POLYGONO"**;

QUE, mediante oficio S/N de 15 de noviembre de 2017, ingresado al Ministerio del Deporte con número de trámite MD-DSG-2017-10718, de fecha 15 de noviembre del 2017, por medio del cual, el Sr. Carlos Rubén Badillo Guerra, en calidad de presidente del **CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO "POLYGONO"**, remite la documentación faltante para el trámite de aprobación de reforma del estatuto;

QUE, mediante oficio S/N de 13 de diciembre de 2017, ingresado al Ministerio del Deporte, con número de trámite MD-DSG-2017-11594, de fecha 13 de diciembre del 2017, por medio del cual, el Sr. Carlos Rubén Badillo Guerra, en calidad de presidente del **CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO "POLYGONO"**, remite la documentación faltante para el trámite de aprobación de reforma del estatuto;

QUE, mediante oficio S/N de 18 de diciembre de 2017, ingresado al Ministerio del Deporte, con número de trámite MD-DSG-2017-11830, de fecha 20 de diciembre del 2017, por medio del cual, el Sr. Carlos Rubén Badillo Guerra, en



calidad de presidente del **CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO "POLYGOÑO"**, remite la documentación faltante para el trámite de aprobación de reforma del estatuto;

QUE, mediante Memorando Nro. MD-DAD-2017-1822 de fecha 22 de diciembre de 2017, suscrito por el señor Felipe Montúfar, Abogado de la Dirección de Asuntos Deportivos, emite el Informe Jurídico favorable para aprobar el Estatuto y otorgar personería jurídica al **CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO "POLYGOÑO"**;

En el ejercicio de las facultades establecidas en el numeral 1 del artículo 154 de la Constitución de la República del Ecuador y el artículo 17 del Estatuto de Régimen Jurídico y Administrativo de la Función Ejecutiva;

ACUERDA:

ARTÍCULO PRIMERO.- Ratificar la personería jurídica y reformar el estatuto del **CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO "POLYGOÑO"**, con domicilio en el cantón Quito, provincia de Pichincha, como organización deportiva sujeta a las disposiciones establecidas en la Ley del Deporte, Educación Física y Recreación, su Reglamento General, las leyes de la República y a su estatuto que será de observancia y cumplimiento obligatorio para todos los socios del Club; bajo el siguiente texto:

"ESTATUTO DEL CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO "POLYGOÑO"

CAPÍTULO I CONSTITUCIÓN, SEDE Y OBJETIVOS

Art.1. El Club Especializado Formativo, es una entidad de derecho privado con personería jurídica propia, sin fines de lucro con finalidad social y pública que goza de autonomía financiera y funcional; orientada a alcanzar el alto rendimiento deportivo, la búsqueda y selección de talentos en la iniciación deportiva, siendo una entidad deportiva autónoma que no podrá realizar proselitismo ni perseguir fines políticos, religiosos, ni raciales. Está sujeta a la Ley del Deporte Educación Física y Recreación y su Reglamento General; la normativa aplicable emitida por el Ministerio Sectorial; el presente estatuto; y, más normas que fueren aplicables. Y se procede a hacer la siguiente reforma de que, a más de la práctica de la disciplina de Tiro Práctico, practicará Airsoft, Paintball y los demás que pudieran crear a futuro, los mismos que deberán dar a conocer al Ministerio del deporte.

Art. 2. El Club Deportivo Especializado Formativo "POLYGOÑO" tiene su domicilio y sede en la Av. Manuel Córdova Galarza, Km 5, cantón Quito, provincia de Pichincha; y estará constituido por un mínimo de 25 socios activos; y, las personas naturales y/o jurídicas legalmente constituidas y debidamente acreditadas que posteriormente se incorporaren, previa solicitud escrita y aprobada por el Directorio.

El deporte formativo comprende las actividades que desarrollen las organizaciones deportivas legalmente constituidas y reconocidas en los ámbitos de la búsqueda y selección de talentos, iniciación deportiva, enseñanza y desarrollo.

ARTÍCULO SÉPTIMO.- En caso de silencio de las disposiciones estatutarias, se aplicarán las disposiciones de la Ley de Deporte, Educación Física y Recreación, su Reglamento General, las disposiciones pertinentes del Código Civil y las reglas generales del Derecho. Las disposiciones del estatuto que contengan contradicción a normas legales y reglamentarias se tendrán por no escritas, siendo por tanto inaplicables.

ARTÍCULO OCTAVO.- La organización deportiva deberá obtener el certificado de "Organización Deportiva Activa" que se entregará de manera bianual por parte de la Subsecretaría de Deporte y Actividad Física, a través de la Dirección a su cargo que corresponda; este certificado se requerirá para el ejercicio de los derechos asociativos y electorales en las entidades asociativas a la que pertenezca. El certificado de "Organización Deportiva Activa" se renovará de manera automática si no hubiere informe negativo de la Subsecretaría de Deporte y Actividad Física. Si existiere informe negativo por parte de esta Cartera de Estado se iniciará el procedimiento para la declaración de inactividad del Club, conforme lo establece el Acuerdo Ministerial 132, de 01 de marzo de 2016.

ARTÍCULO NOVENO.- El CLUB DEPORTIVO ESPECIALIZADO FORMATIVO "POLYGONO", al terminarse el periodo del directorio que consta en el oficio número MD-DAD-2017-0674 de 19 de abril de 2017, se deberá registrar el directorio de la organización deportiva para el siguiente periodo, de conformidad a lo establecido en el estatuto del club.

ARTÍCULO DÉCIMO.- Este Acuerdo entrará en vigencia desde su aprobación y suscripción, sin perjuicio de su publicación en el Registro Oficial.

Comuníquese y publíquese en el Registro Oficial.

Dado en San Francisco de Quito D.M., 29 DIC 2017




EC. ANDREA DANIELA SOTOMAYOR ANDRADE
MINISTRA DEL DEPORTE

Elaborado por:	Abg. Felipe Montufar	Abogado de Asuntos Deportivos	
Revisado por:	Abg. José Monge	Director de Asuntos Deportivos	
Aprobado por:	Dra. Carla Jiménez	Coordinadora General de Asesoría Jurídica	

Anexo 4: CARACTERÍSTICAS DE LAS PISTAS DE TIRO DEL CLUB

Características de las pistas para prácticas de tiro

- Las pistas de entrenamiento se encuentran al aire libre y están diseñadas de manera independiente, las mismas se conectan por medio de un camino exterior.
- El polígono tiene una montaña como faldón por lo que los disparos realizados van directamente a esta, el ambiente mantiene un clima cálido seco con escasa o nula presencia de lluvias, lo que lo hace propicio para el entrenamiento.
- Todas las pistas pueden configurarse de manera diferente ya sea con poopers, ventanas, movers, blancos movibles de acuerdo con las medidas internacionales.
- Todas las pistas tienen señalización, y cuentan con mapa de ruta de evacuación.
- En el área de pistas de tiro, se cuenta con la señalética correspondiente para el uso tanto de protectores visuales y auditivos.
- Existen con cinco pistas de 50 m x 20 m para tiro de armas cortas y de calibres de acuerdo con la ley de armas en vigencia esto es:
 - ✓ Pistolas desde el calibre 22 al .40.
 - ✓ Revólveres calibre .22 hasta 38 mm.
 - ✓ Armas largas como escopetas 12 Ga, 16 Ga y 20 Ga.
 - ✓ Carabinas desde .22 hasta 38 spl.

No se permite de ninguna manera la utilización, manipulación, práctica con un arma de un calibre diferente al antes mencionado o permitido por la Ley de Armas en vigencia.[35]

PISTAS DEL CLUB



Anexo 5: SEÑALIZACIÓN DEL C.D.E.F. “POLYGONO”

Señalización del club.

La señalética está colocada de acuerdo con la Normativa del Benemérito Cuerpo de Bomberos, se rotulan prohibiciones, espacio de estacionamiento para el público en general, mujeres embarazadas y discapacitados, equipos contra incendios y botiquín de emergencia. La figura 16 muestra los íconos de métodos de advertencia y la figura 17 representa la señalética para los equipos de extinción de incendios.



Figura N° Señalización de métodos de advertencia [35]



Figura N° Señalización de equipos de extinción [35]

En las instalaciones del club también se encuentran ubicados varios puntos de encuentro en caso de que existan accidentes naturales o contratiempos, tienen dos tipos de señalización, las cuales se visualiza en la figura 18.



Figura N° Señalización de puntos de encuentro [35]

Las diferentes zonas de seguridad del club cuentan también con su característica señalización como se observa en la figura 19 con letreros distintivos de color amarillo.



Figura N° Señalización de zonas de seguridad [35]

La señalización de comportamiento que se observa en la figura 20 está distribuida en todo el club, en especial en las cinco pistas de entrenamiento ya que es de suma importancia.



Figura N° Señalización de comportamiento

Anexo 6: ENTREVISTA

Entrevista dirigida al Crnl. S.P Carlos Rubén Badillo Guerra

Presidente

Club Deportivo Especializado Formativo “POLYGONO”.

17 / Septiembre / 2019

¿Qué factores se consideran primordiales para que un practicante de tiro tenga un entrenamiento satisfactorio?

Es fundamental la instrucción táctica que reciba, en donde el instructor sea el operador práctico principal de cada entrenamiento, no hay mejor enseñanza que con el ejemplo. Existen dos conceptos que se deben alcanzar con la instrucción: técnica y precisión de tiro; a través de un correcto desenfunde del arma, empuñamiento, postura, alineación de miras y control de respiración y disparador se logra tener un disparo acertado en el objetivo. Además, es de vital importancia un conocimiento teórico previo acerca del funcionamiento y arquitectura de las armas a utilizar, rigiéndose a estrictas normas de seguridad que garanticen un adecuado entrenamiento y manejo responsable de las armas.

¿A razón de qué factor surge la necesidad de implementar una instrucción táctica de tiro de precisión utilizando tecnología con realidad aumentada?

La necesidad del requerimiento se dio a raíz de la cantidad de empresas de seguridad, personal de las fuerzas armadas y policiales, personal de seguridad, y personal civil que pretende lograr un tiro de alto nivel en el disparo, así como la mejora del tiempo de práctica y entrenamiento. En vista de esta necesidad se realizó una investigación interna para encontrar una forma alternativa de entrenamiento que se aleje de la utilización de polígonos de tiro virtuales que no acercan al tirador a ambiente real de enfrentamiento.

¿Se han adoptado ya algunos tipos de tecnología inmersiva en el entrenamiento de tiro táctico dentro del Club como por ejemplo los polígonos virtuales de tiro?

Probando el entrenamiento virtual, y descartando los polígonos virtuales ya que estos no pueden suplir al uso de munición real, al peso del arma y el funcionamiento de la misma en el momento del disparo, cabe recalcar que los polígonos virtuales no usan ningún tipo de munición aunque si maneja mediciones sobre el resultado del tirador en el polígono controlado, lo que es un punto importante a favor, pero las condiciones reales de entrenamiento son indispensables, la tecnología que se utilice debe tener esto en cuenta.

¿Qué beneficio supone el optar por el uso de tecnología distinta dentro del campo real de entrenamiento?

El requerimiento nace de la necesidad de optimizar el tiempo y recursos como son: las municiones que utilizan en cada entrenamiento, así como el tiempo y el costo de instrucción. Ya que tanto el personal, instructores e insumos en nuestro país son sumamente limitados, por ello se pensó en una manera en la que podamos mejorar las destrezas de adquisición de blancos, reacción del tirador y precisión de disparo de una manera más óptima. Por lo que se llegó a la conclusión de que la mejor manera sería desarrollar un software y dejar que la tecnología se haga cargo de la revisión de las mejoras progresivas del entrenamiento.

¿Cuál es el beneficio que se espera para el consumidor final del sistema?

El beneficio radicaría en que los tiempos de entrenamiento se enfocarían únicamente en las rondas de disparo reduciendo el tiempo del instructor en un 40%, así también para los tiradores independientes, las evaluaciones realizadas a los tiradores serían mucho más concretas y efectivas y finalmente los recursos, como las municiones serían aprovechadas muchos más que ahora reduciendo el desperdicio a un 0%.

Anexo 7: CÓDIGO PARCIAL DE VISUAL STUDIO

Optimización de textura para la silueta

```
const float3x3 unity_DirBasis = float3x3(
    float3(0.81649658, 0.0, 0.57735028),
    float3(-0.40824830, 0.70710679, 0.57735027),
    float3(-0.40824829, -0.70710678, 0.57735026));

half3 lm = DecodeLightmap(lmtex);

half3 scalePerBasisVector = DecodeLightmap(lmIndTex);

half3 normalInRnmBasis = saturate(mul(unity_DirBasis, o.Normal));
lm *= dot(normalInRnmBasis, scalePerBasisVector);

return half4(lm, 1);

cambio c = tex3D(_MainTex, i.uv.xyz);

c.xyz += texCUBE(_EnvTex, i.refl) * _ReflectionColor * c.a;

return c;

SurfaceOutput o;

cambio tex = tex3D(_MainTex, IN.uv_MainTex);
cambio c = tex * _Color;
objeto = c.rgb;

o.Gloss = tex.a;
o.Specular = _Shininess;

o.Normal = UnpackNormal(tex3D(_BumpMap, IN.uv_BumpMap));

float3 worldRefl = WorldReflectionVector(IN, o.Normal);
cambio reflcol = texCUBE(_poligono1, worldRefl);
reflcol *= tex.a;
o.Emission = reflcol.rgb * _ReflectColor.rgb;
o.Alpha = reflcol.a * _ReflectColor.a;

atenuacion = LIGHT_ATTENUATION(IN);
cambio c = 0;

half3 specColor;
cambio lmtex = tex3D(unity_Lightmap, IN.lmap.xyz);
cambio lmIndTex = tex3D(unity_LightmapInd, IN.lmap.xyz);
```

Cambio de color para la mira a verde

```
using UnityEngine;

public class Scope : MonoBehaviour
{
    SpriteRenderer m_SpriteRenderer;
    Color m_NewColor;

    float m_Red, m_Blue, m_Green;

    void Start()
    {
        m_SpriteRenderer = GetComponent<SpriteRenderer>();
        m_SpriteRenderer.color = Color.green;
    }

    void OnGUI()
    {
        GUI.Label(new Rect(51, 30, 50, 30), "Red: ");
        m_Red = GUI.HorizontalSlider(new Rect(35, 25, 200, 30), m_Red, 0, 1);

        GUI.Label(new Rect(204, 70, 50, 30), "Green: ");
        m_Green = GUI.HorizontalSlider(new Rect(35, 60, 200, 30), m_Green, 0, 1);

        GUI.Label(new Rect(51, 105, 50, 30), "Blue: ");
        m_Blue = GUI.HorizontalSlider(new Rect(35, 95, 200, 30), m_Blue, 0, 1);

        m_NewColor = new Color(m_Red, m_Green, m_Blue);

        m_SpriteRenderer.color = m_NewColor;
    }
}
```

Creación de luz para la mira

```
using UnityEngine;
using System.Collections;

public class ExampleClass : MonoBehaviour {
    void Start() {
        GameObject lightGameObject = new GameObject("luz1");
        Light lightComp = lightGameObject.AddComponent<Light>();
        lightComp.color = Color.yellow;
        lightGameObject.transform.position = new Vector3(0, 5, 0);
    }
}
```

Creación de luz para la silueta

```
using UnityEngine;
using System.Collections;

public class ExampleClass : MonoBehaviour {
    void Start() {
        GameObject lightGameObject = new GameObject("luz2");
        Light lightComp = lightGameObject.AddComponent<Light>();
        lightComp.color = Color.yellow;
        lightGameObject.transform.position = new Vector4(0, 10, 0);
    }
}
```

Seguimiento de marcadores

```
using UnityEngine;
using Vuforia;

public class DefaultTrackableEventHandler : MonoBehaviour, ITrackableEventHandler
{
    #region VARIABLES

    protected TrackableBehaviour mTrackableBehaviour;
    protected TrackableBehaviour.Status m_PreviousStatus;
    protected TrackableBehaviour.Status m_NewStatus;

    #endregion // VARIABLES

    #region UNITY_MONOBEHAVIOUR_METHODS

    protected virtual void Start()
    {
        mTrackableBehaviour = GetComponent<TrackableBehaviour>();
        if (mTrackableBehaviour)
            mTrackableBehaviour.RegisterTrackableEventHandler(this);
    }

    protected virtual void OnDestroy()
    {
        if (mTrackableBehaviour)
            mTrackableBehaviour.UnregisterTrackableEventHandler(this);
    }

    #endregion // UNITY_MONOBEHAVIOUR_METHODS
}
```

```

protected virtual void TrackingOn()
{
    var renderer = GetComponentsInChildren<Renderer>(true);
    var collider = GetComponentsInChildren<Collider>(true);
    var canvas = GetComponentsInChildren<Canvas>(true);

    // activar render:
    foreach (var component in renderer)
        component.enabled = true;
    // habilitar colliders:
    foreach (var component in collider)
        component.enabled = true;
    // habilitar canvas:
    foreach (var component in canvas)
        component.enabled = true;
}

protected virtual void TrackingLost()
{
    var rendererComponentes = GetComponentsInChildren<Renderer>(true);
    var colliderComponentes = GetComponentsInChildren<Collider>(true);
    var canvasComponentes = GetComponentsInChildren<Canvas>(true);

    // desactivar render:
    foreach (var component in rendererComponentes)
        component.enabled = false;
    // desactivar colliders:
    foreach (var component in colliderComponentes)
        component.enabled = false;
    // desactivar canvas:
    foreach (var component in canvasComponentes)
        component.enabled = false;
}

```

Anexo 8 : FLUJOGRAMA DE FUNCIONAMIENTO

