



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE ROBOT ENTRENADOR
DE BÁDMINTON CON RECONOCIMIENTO DE ATLETA**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

PRESENTADO POR:

ALEX DANIEL PINEDA ANDINO 21641071

JOSHUA DANIEL RODRÍGUEZ PAZ 21641250

ASESOR: ING. JOSÉ LUIS ORDÓÑEZ

CAMPUS: SAN PEDRO SULA

DICIEMBRE, 2020

DEDICATORIA

Joshua Rodriguez:

A mis padres, Marco Rodríguez y Joyce Paz, por apoyarme incondicionalmente, brindarme el apoyo en todos los sentidos y haciendo hasta lo imposible para poder verme cumpliendo mis sueños.

A mi entrenador, Jandry Reyes, por ser un segundo padre para mí, por apoyarme como si fuese su hijo, y siempre velar por mí en cada ámbito de mi vida.

A mi tío, Joel Paz, que siendo como un hermano me ayudó a superar mis retos académicos y personales, sin importar las circunstancias en las que se encontrase.

A todas las personas que conocí en mi trayecto por UNITEC, tanto maestros como compañeros, quienes me brindaron amistad al igual que conocimientos, para poder crecer como persona y ser la mejor versión de mí mismo.

A todas mis amistades y a mi familia, por siempre creer en mí y darme sus palabras de aliento en las etapas más duras de mi vida.

Alex Pineda:

A Dios primeramente por siempre darme salud, perseverancia, fuerza y paciencia para ir logrando lo que me propongo en la vida.

A mis padres, Alex y Aida, por apoyarme incondicionalmente, brindarme el apoyo en todos los sentidos y siempre dando hasta demás por verme triunfar en la vida, por ser lo que yo aspiro a ser en la vida, y por dar todo de ellos por mí y mi bienestar.

A mi abuela, Aracely, por ser una segunda madre para mí, por apoyarme como si fuese su hijo, y siempre velar por mí en cada ámbito de mi vida

A todas las personas que conocí en mi trayecto por UNITEC, tanto maestros como compañeros, quienes me brindaron amistad al igual que un poco de sabiduría cada quien, para crecer como persona y ser cada vez mejor.

A todas mis amistades y personas queridas, por siempre creer en mí y darme sus palabras de aliento constante.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Ing. José Luis Ordoñez Ávila, que durante tres meses nos asesoró y trabajó de la mano con nosotros para desarrollar este trabajo.

Agradecemos a la universidad y al Depto. de Ingeniería Mecatrónica de UNITEC SPS por su labor y apoyo durante nuestra carrera y el desarrollo de este proyecto.

Así mismo agradecemos a los docentes con quienes hemos compartido y quienes en su momento nos facilitaron el conocimiento que aplicamos a este proyecto.

EPÍGRAFE

*“El futuro depende de lo que hagas hoy.”
-Gandhi*

RESUMEN EJECUTIVO

Los robots se utilizan en el deporte tanto de forma directa, para su participación en algunas competiciones deportivas, como indirectamente, para desarrollar algunas aplicaciones utilizadas para el entrenamiento o la recuperación de un deportista tras un esfuerzo intenso. Cuando se trata de robótica en el deporte, el área donde se puede realizar es muy alta, desde robots de apoyo al entrenamiento hasta robots capaces de establecer un juego 1vs1 con el deportista. Aquellos que ayudan a mejorar el rendimiento del deportista, es decir, a entrenar, se denominan robots lanzadores. Aquellos que pueden establecer un juego continuo se denominan robots jugadores. El objetivo es desarrollar un robot de entrenamiento de bádminton que se accione con una visión artificial. También se busca demostrar la gran funcionalidad de usar microcontroladores en estos robots. Para la construcción de este robot se consideraron variables como la masa de la estructura, la velocidad de lanzamiento y el consumo de energía. En este proyecto, hay un enfoque cuantitativo con un diseño experimental que luego se analiza con un modelo "VD226". En bádminton, el entrenador no puede analizar eficientemente el rendimiento y los movimientos del atleta porque necesita participar en el entrenamiento, realizando los lanzamientos de volante. El robot de bádminton desarrollado en este documento puede realizar lanzamientos de volante a 4,6 m / s y 2,62 m con un presupuesto de material de \$ 669.

Palabras clave - Robótica, Honduras, entrenamiento de bádminton, microcontrolador PIC, visión artificial

ABSTRACT

ROBOTS ARE USED IN SPORTS BOTH DIRECTLY, FOR THEIR PARTICIPATION IN SOME SPORTS COMPETITIONS, AND INDIRECTLY, TO DEVELOP SOME APPLICATIONS USED FOR TRAINING OR THE RECOVERY OF AN ATHLETE AFTER INTENSE EFFORT. WHEN IT COMES TO ROBOTICS IN SPORT, THE AREA WHERE IT CAN BE PERFORMED IS VERY HIGH, FROM ROBOTS SUPPORTING TRAINING TO ROBOTS CAPABLE OF ESTABLISHING A 1VS1 GAME WITH THE ATHLETE. THOSE THAT HELP IMPROVE ATHLETE'S PERFORMANCE, THAT IS, TO TRAIN, ARE CALLED LAUNCHING ROBOTS. THOSE THAT CAN ESTABLISH A CONTINUOUS GAME ARE CALLED PLAYER ROBOTS. THE OBJECTIVE IS TO DEVELOP A BADMINTON TRAINING ROBOT THAT IS ACTIONED WITH AN ARTIFICIAL VISION. IT ALSO SEEKS TO DEMONSTRATE THE GREAT FUNCTIONALITY OF USING MICROCONTROLLERS IN THESE ROBOTS. FOR THIS ROBOT'S CONSTRUCTION, VARIABLES SUCH AS THE MASS OF THE STRUCTURE, LAUNCH SPEED, AND ENERGY CONSUMPTION WERE CONSIDERED. IN THIS PROJECT, THERE IS A QUANTITATIVE APPROACH WITH AN EXPERIMENTAL DESIGN THAT IS THEN ANALYZED WITH A "VD226" MODEL. IN BADMINTON, THE COACH CANNOT EFFICIENTLY ANALYZE THE ATHLETE'S PERFORMANCE AND MOVEMENTS BECAUSE HE NEEDS TO PARTICIPATE IN THE TRAINING, PERFORMING THE SHUTTLE THROWS. THE BADMINTON ROBOT DEVELOPED IN THIS PAPER CAN PERFORM SHUTTLECOCK LAUNCHES AT 4.6 M/S AND 2.62 M WITH A \$669 MATERIAL BUDGET.

KEYWORDS - ROBOTICS, HONDURAS, BADMINTON TRAINING, PIC MICROCONTROLLER, ARTIFICIAL VISION

Índice de Contenido

I. Introducción	12
II. Planteamiento del Problema	13
.1 Precedentes del problema.....	13
.2 Definición del Problema	16
.3 Justificación	16
.4 Preguntas de Investigación.	17
.5 Objetivos.....	17
III. MARCO TEORICO	18
3.1 BÁDMINTON	18
3.1.1 Evolución del Bádminton.....	19
3.1.2 IMPLEMENTOS DEPORTIVOS.....	23
3.2 ROBÓTICA Y AUTOMATIZACIÓN	30
3.2.1 AUTOMATIZACIÓN	31
3.2.1.1 DICK MORLEY	34
3.2.2 ROBÓTICA	36
3.2.2.1 GEORGE DEVOL.....	37
3.2.3 ROBOTICA INDUSTRIAL.....	38
3.2.3.1 ROBOT ARTICULADO	39
3.2.3.2 ROBOT SCARA	40
3.2.3.3 ROBOT CARTESIANO	40
3.2.3.4 ROBOT INDUSTRIAL DE 6 EJES.....	41
3.2.4 ROBOTS MÓVILES AUTONOMOS.....	41
3.2.4.1 ROBOT DE LIMPIEZA AUTONOMO	42
3.2.5 ROBOTS TELEOPERADOS	42
3.2.5.1 ROBOT TELEOPERADO CONTRA INCENDIOS	43
3.3 AUTOMATIZACIÓN, ROBÓTICA Y EL DEPORTE	44
3.3.1 INTERACCION HOMBRE-ROBOT	45
3.3.2 TIPOS DE ROBOTS EN EL DEPORTE	46
3.3.2.1 BÁDMINTON	47
3.3.2.2 BALONCESTO	50
3.3.2.3 FÚTBOL.....	51
3.3.2.4 TENIS DE MESA	52

3.3.3 MICRONCONTROLADOR PIC.....	54
3.3.3.2 LENGUAJE DE PROGRAMACION C	54
3.3.4 SENSORES.....	55
3.3.4.1 SENSOR INFRARROJO.....	56
3.3.4.2 SENSOR BLUETOOTH.....	57
3.3.4.3 SENSOR KINECT	57
3.3.5 ACTUADORES.....	60
3.3.5.2 ACTUADORES NEUMATICOS.....	61
3.3.5.3 MOTOR SIN ESCOBILLAS	62
3.3.6 MECANISMOS	64
3.3.6.1 TIPOS DE MECANISMOS.....	66
3.4 INTELIGENCIA ARTIFICIAL	67
3.4.1 MACHINE LEARNING.....	68
3.4.2 NECESIDAD DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	69
3.4.2.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA INDUSTRIA	70
3.4.2.2 INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA ROBÓTICA	71
3.4.2.3 INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DEPORTE	72
Metodología	75
Enfoque.....	75
Variables de Investigación.....	75
Técnicas e Instrumentos Aplicados.....	76
Metodología de Estudio	77
Ciclo A de la Metodología "V"	77
Metodología de Validación	86
Análisis y Resultados	86
1.1 Análisis De Sustento De Marco Teórico.....	86
Análisis y Resultados De Metodología en "V"	88
1.1.1 Ciclo A de la Metodología "V"	88
Etapa I: Nivel de Sistemas.....	88
E. Sistema de Control.....	88
1.1.2 Ciclo B de la Metodología "V"	111
Etapa I: Nivel de Sistemas.....	111
Etapa II: Nivel De Subsistemas	112

Etapa III: Realización de Partes.....	114
Etapa V: Integración de los Subsistemas.....	133
Etapa VI: Integración de los Sistemas.....	134
Conclusiones	141
Bibliografía	142

I. Introducción

Los robots se utilizan en el deporte tanto de forma directa, para su participación en algunas competiciones deportivas, como indirectamente, para desarrollar algunas aplicaciones utilizadas para el entrenamiento o la recuperación de un deportista tras un esfuerzo intenso. Cuando se trata de robótica en el deporte, el área donde se puede realizar es muy alta, desde robots de apoyo al entrenamiento hasta robots capaces de establecer un juego 1vs1 con el deportista. Aquellos que ayudan a mejorar el rendimiento del deportista, es decir, a entrenar, se denominan robots lanzadores.

Aquellos que pueden establecer un juego continuo se denominan robots jugadores. El objetivo es desarrollar un robot de entrenamiento de bádminton que se accione con una visión artificial. También se busca demostrar la gran funcionalidad de usar microcontroladores en estos robots. Para la construcción de este robot se consideraron variables como la masa de la estructura, la velocidad de lanzamiento y el consumo de energía.

II. Planteamiento del Problema

En este capítulo se mostrará los precedentes del problema, viéndose como es necesario implementar robots en los deportes, de igual manera se definirá el problema de investigación, así como la justificación a dicho problema. Posteriormente se detallarán algunas preguntas de investigación con sus objetivos respectivos, que son la base para determinar el límite de la investigación.

.1 Precedentes del problema.

El deporte de raqueta bádminton tiene sus orígenes en Asia y Europa desde hace más de 2000 años. La implementación de robots en los deportes se ha convertido en un tema interesante de investigación. Actualmente todo tipo de robots deportivos, como robots de fútbol y robots de baloncesto se están desarrollando constantemente. Sin embargo, los robots para deportes de raqueta son una rama que se desarrolla lentamente. La planificación de la trayectoria y la precisión del objetivo móvil se han convertido en un problema constante, y cabe destacar que el robot para entrenamiento de Badminton es más alto que en cualquier otro deporte debido a las características del mismo (Sun et al., 2019).

El juego es generalmente jugado por dos jugadores oponentes en partido de singles o pares

contrarios en partido de dobles dentro de un centro corte rectangular con redes. Además, el bádminton es el deporte de raqueta más rápido del mundo (velocidad máxima alcanzada de 426km/h). En comparación con otros deportes de raqueta, tales como como el tenis, todavía hay una falta de investigación científica sobre el bádminton, esto podría ser por la dificultad del juego y la gran velocidad a la que se mueve tanto el volante, como el atleta (Tan et al., 2016)

Con el fin de mejorar la calidad de la enseñanza, lograr mejores resultados formativos y lograr excelentes resultados en las competiciones de atletismo, es importante la implementación de la tecnología en el entrenamiento, realizar el análisis de la rutina de bádminton y competencias atléticas (Li & Jiang, 2019).

Alan Turing se dio a conocer en la segunda guerra mundial por romper el famoso código de la máquina enigma, pero hizo mucho más que eso. Sus logros tempranos incluyen cosas como sus contribuciones intelectuales de amplio alcance, incluidos los conceptos de la computación universal ("máquina de Turing") e inteligencia artificial, estrategias mecánicas y tácticas para descifrar códigos; teoría de la complejidad; diseño informático práctico; Biología Computacional e incluso vida artificial. Turing también exploró ideas sobre cómo usar software para verificar otros softwares (métodos de verificación) y algoritmos evolutivos (Cerf, 2018).

Tan et al (2016) menciona:

El análisis de los movimientos deportivos fue principalmente de naturaleza cualitativa en las dos últimas décadas. Sin embargo, el reconocimiento de movimiento computarizado y el análisis para deportistas está madurando con los recientes avances de la tecnología relacionada con la adquisición de datos y hardware de computadora. Ha habido excelentes críticas sobre el análisis general del movimiento humano, que es un estudio de métodos y aplicaciones en el que dos o más imágenes o fotogramas sucesivos producidos por un cámara o sensor, se procesan digitalmente para producir información (pg.1).

.2 Definición del Problema

El entrenador no tiene la posibilidad de analizar eficientemente el rendimiento y movimientos del atleta porque necesita participar físicamente en el entrenamiento, realizando los lanzamientos de volante. Este problema impone una condición en el entrenamiento, que es la disponibilidad de un entrenador capacitado, ya que no todos pueden lanzarlo correctamente y se depende únicamente del entrenador para hacer el ejercicio. No todos los volantes lanzados cruzan la malla exitosamente, suponiendo pérdidas en entrenamiento.

.3 Justificación

El movimiento técnico para lanzar o golpear el volante es algo muy complicado de adquirir que requiere la coordinación de las fuerzas de varios eslabones del cuerpo trabajando juntos. Lanzar el volante para entrenamiento requiere mucha práctica, que generalmente solo los entrenadores adquieren por lo que son indispensables a la hora del entrenamiento, y se desgastan física y mentalmente. Para adquirir una buena técnica los atletas deben ajustar su posición corporal, bajando el centro de gravedad de su cuerpo, cosa que solo se logra practicándolo mucho tiempo. Los atletas de alto rendimiento posicionan su cuerpo sin ver el volante, y esto es posible que visualizan a su contrincante y el movimiento de su cuerpo, al ver esto pueden deducir la dirección del volante antes de ser golpeado (Zhou, 2020).

Rahmad (2020) "el análisis del rendimiento deportivo en la práctica deportiva no puede ser separado. Es importante ayudar al entrenador a analizar y mejorar el rendimiento de sus atletas a través del entrenamiento o sesión de juego" (p. 1).

.4 Preguntas de Investigación.

1. ¿Cuáles son las posibles soluciones sobre esta temática?
2. ¿Cuáles son las características que debe tener el lanzamiento del volante para un entrenamiento eficiente?
3. ¿Qué mecanismos y actuadores se van a utilizar para llevar a cabo el lanzamiento?
4. ¿Qué herramientas de visión artificial son las adecuadas para llegar al resultado deseado?
5. ¿Cómo se integrará un sistema de visión artificial al entrenamiento brindado del robot?

.5 Objetivos

.5.1 Objetivo General

Elaboración de un robot capaz de proporcionar un entrenamiento de bádminton reconociendo la posición del atleta a través de un sistema de visión artificial.

.5.2 Objetivos Específicos

- Definir las soluciones actuales en el mercado para un entrenamiento de bádminton automatizado.
- Enumerar las características fundamentales para asegurar un buen lanzamiento del volante.
- Definir los mecanismos y actuadores que puedan realizar un lanzamiento eficiente del volante.
- Seleccionar las herramientas de visión artificial adecuadas para una detección precisa del atleta.
- Diseñar y construir un prototipo de robot que integre la visión artificial en el entrenamiento en bádminton.

III. MARCO TEORICO

En este capítulo se abordarán los conceptos básicos y avanzados necesarios para el correcto desarrollo de la presente investigación. Es de suma importancia conocer los orígenes, y evolución de este deporte para comprender a fondo todo lo que involucra la práctica del bádminton en lo que se refiere a rendimiento, y su relación con el entrenamiento tradicional del mismo, explorando las oportunidades de mejora en su eficiencia y autonomía utilizando nuevas tecnologías inteligentes.

Se detallarán los parámetros de mejora y los distintos métodos a utilizar, como es la implementación de una maquina autónoma capaz de brindar un entrenamiento eficaz e independiente al atleta, así mismo utilizando la inteligencia artificial para optimizar la forma en la que se registra el acierto del atleta. Asimismo, conoceremos las características de las herramientas físicas y virtuales que se requieren para la realización del proyecto.

El deporte es una práctica mundial que, en los últimos años se le ha abierto el campo candente de las aplicaciones de robots. Con el último desarrollo de la robótica, los robots están ayudando a las personas a desarrollar el deporte, especialmente para retener y entrenar a atletas profesionales. Los robots se utilizan en otros deportes, como fútbol y tenis de mesa. Los robots se han desarrollado e investigado en áreas temáticas como la inteligencia artificial y la automatización.

3.1 BÁDMINTON

El bádminton es un deporte con raqueta que tiene sus raíces en las antiguas civilizaciones asiáticas y europeas hace más de 2000 años. El bádminton se conocía como Battledore y Shuttlecock en tiempos de inicios, donde se utilizó una paleta para golpear el volante hacia atrás y adelante. Poona más tarde se llamó Battledore (raqueta) y Shuttlecock (volante), lo cual fueron improvisaciones hechas con plumas que están incrustadas en un corcho de champán. La forma

de este volante le brindaba un mayor rendimiento aerodinámico, aunque tiene una dirección inicial al golpear, inmediatamente se dará la vuelta y pondrá el corcho al frente. Estrictamente hablando, Battledore y Shuttlecock tampoco pueden considerarse un deporte como palabra moderna, porque básicamente estos juegos en lo que consistían era contar números de veces en las cuales dos personas pueden mantener el volante volando, o sin tocar el suelo (Tan et al., 2016).

Dentro de este deporte existen múltiples términos fundamentales que se necesitan comprender, para analizar a profundidad el bádminton. En bádminton, un jugador es cualquier persona en la cancha que está participando en el partido. El partido es un juego básico que se juega entre dos lados opuestos de uno o dos jugadores. Partido individual es un partido en el que hay un jugador en cada lado de la cancha. Un partido doble es un partido en el que hay dos jugadores en cada lado de la cancha. El lado servidor se le llama al lado que tiene el derecho a sacar, es decir realizar el lanzamiento inicial del volante. Por el otro lado tenemos el lado receptor que es el lado que recibe el volante, es decir el lado opuesto al lado servidor. Esta lo que es un punto que es una serie de uno o más tiros, comenzando desde el servicio, hasta que falla el volante. Finalmente tenemos el termino golpeo que es el movimiento de la raqueta en el cual se busca golpear la bola volante.

3.1.1 Evolución del Bádminton

Antes de que el bádminton fuera un juego moderno, paso por un proceso de evolución que nace de otros juegos similares en condiciones distintas con instrumentos distintos y anticuados. Los primeros juegos que tuvieron una contribución importante para la creación de lo que hoy en día llamamos bádminton se practicaron en Asia, 2500 años antes de Cristo. En este tiempo, la principal diferencia con el deporte actual fue la forma en la que se realizaba el lanzamiento del volante y de que estaba hecho. En los años 2500 antes de Cristo los soldados asiáticos jugaban un juego llamado tijian-zi, que consistía en lanzar con los pies un volante generalmente hecha de una pesada pelota de cuero con plumas. Tras pasar mucho tiempo y evolución este juego siempre se practica, pero ahora se conoce chien-tsu y ya no se practica con volantes de cuero, si no con volantes más modernos. Cuando se jugaba el tijian-zi, aún no se había implementado el uso de

raquetas en este deporte, las raquetas se introdujeron por primera vez en Japón muchos años después (Cohen et al., 2015).

La evolución de la raqueta de bádminton viene de los materiales utilizados en la raqueta del tenis. Originalmente, las cuerdas estaban hechas de intestinos de animales. Los palos de madera eran un poco pesados y las cuerdas no duraban. Esto llevó al desarrollo de la raqueta de aluminio y cuerdas sintéticas como el nailon. Con el tiempo, los marcos de las raquetas de aluminio fueron reemplazados por fibra de carbono y grafito, y las cuerdas se hicieron de multifilamento e incluso fibras de platino y oro. Dura La evolución de la raqueta de bádminton viene de los materiales utilizados en el tenis. Originalmente, las cuerdas estaban hechas de intestinos de animales. Los palos de madera eran un poco pesados y las cuerdas no duraban. Esto llevó al desarrollo de la raqueta de aluminio y cuerdas sintéticas como el nylon. Con el tiempo, los marcos de las raquetas de aluminio fueron reemplazados por fibra de carbono y grafito, y las cuerdas se hicieron de multifilamento e incluso fibras de platino y oro (Che Hassan et al., 2018).

En los inicios del deporte, los volantes estaban compuestas por los frutos del árbol Savonnier, que parecen frijoles y estaban nuevamente provistos de plumas. El bádminton contemporáneo es un deporte de raqueta que se originó en el juego indio tonto, modificado por Colonos británicos, y jugaba con un volante de plumas y una raqueta hecha con cuerdas, como testigua el cuadro de Jean-Siméon Chardin (Cohen et al., 2015).

Con el paso de la época, el bádminton no solo ha sido modificado en la forma en la que se realiza el juego, si no también han cambiado los materiales usados en la fabricación de los instrumentos necesarios para el juego.

Hoy en día, el bádminton es un deporte de raqueta que puede albergar de dos a cuatro personas, su estructura temporal tiene las características de corta duración y alta intensidad de acción. El bádminton es uno de los deportes más populares del mundo, con 200 millones de seguidores. La decisión del bádminton de participar en los Juegos Olímpicos de 1992 aumentó la participación en el bádminton. Los juegos de bádminton generalmente se juegan de 1 a 3 juegos en 4 a 5 días. Esta revisión se centra en las características del juego, la antropometría, la fisiología, los atributos

visuales y la biomecánica del bádminton. Los atletas suelen ser altos y delgados, y su tamaño es adecuado para los altos requisitos fisiológicos del juego. Los diversos factores de rendimiento del bádminton revelan la complejidad del deporte.

El bádminton se caracteriza por una alta intensidad de movimientos intermitentes. Este es un deporte extremadamente exigente. De hecho, es el deporte de raqueta más exigente del mundo. Los jugadores deben moverse rápidamente cuando sea necesario, cambiar la dirección del juego debido a la naturaleza de los movimientos necesarios durante una jugada. Los jugadores de talla profesional necesitan jugar en todo momento con agilidad, flexibilidad, resistencia, fuerza y llevando su cuerpo a sus límites de velocidad. Bádminton es una combinación de rallies cortos con alta intensidad (anaeróbicos) y rallies más largos de intensidad media o alta (aeróbicos) para poder permitir la recuperación entre rallies. Los juegos individuales son más exigentes que los juegos dobles, con aproximadamente el 80% de los rallies durando menos de 10 segundos (Phomsoupha & Laffaye, 2015).

El bádminton profesional, es un deporte practicado por atletas con condiciones físicas óptimas. Los jugadores de élite pueden lanzar el volante a alta velocidad debido a la eficiencia de una cadena de acción secuencial combinada con el uso de la desviación de la raqueta. Además, el bádminton requiere saltos, estocadas, cambios rápidos de dirección y movimientos rápidos del brazo desde una amplia variedad de posiciones posturales (Phomsoupha & Laffaye, 2015).

Varios factores contribuyen al éxito en este deporte, siendo de suma importancia la técnica y la táctica. Los jugadores de bádminton requieren grandes habilidades físicas, particularmente agilidad, fuerza aeróbica y potencia explosiva, para jugar de manera eficiente. Para mejorar el rendimiento, es importante identificar los rasgos y parámetros específicos que contribuyen a la jugabilidad.

Hay cinco eventos en este deporte: individuales masculinos y individuales femeninos, dobles masculinos y dobles femeninos, cada uno de los cuales requiere una preparación especial en

términos de técnica, control y condición física. En un juego de bádminton un elemento fundamental es la raqueta al igual que en un juego de tenis. Se enfrentan a dos personas (individuales) o cuatro (dobles). La raqueta pesa entre 70 y 100 gramos y está hecha de fibra de carbono, en el juego feroz se golpea el volante. Las 16 plumas que rodean el volante tienen la función de reducir la velocidad del volante, su peso oscila entre 4,74 y 5,50 gramos. El juego comienza en el momento en que uno de los jugadores saca desde la derecha hacia la zona diagonalmente opuesta. Esta regla se aplica a todos los puntos pares. En el caso de números impares, los jugadores sirven y reciben en sus casillas izquierdas. Después del servicio, la pelota puede ir a cualquier área del campo contrario. El jugador debe golpear el volante por debajo de la cintura. En el caso de los juegos dobles, solo el receptor puede tocarlas. En este deporte el objetivo es que el volante nunca debe tocar el suelo mientras se mantenga su lado de la cancha, estos volantes pueden alcanzar los 400 kilómetros por hora (Phomsoupha & Laffaye, 2015).

Los jugadores suman puntos golpeando un volante con sus raquetas para que pase por encima de la red y aterrice en la mitad de la cancha del oponente. Cada lado puede golpear el volante solo una vez antes de que pase sobre la red. Una jugada termina una vez que el volante ha tocado el suelo o un jugador comete una falta (Cohen et al., 2015).

La función típica del juego es un tiempo de enfriamiento de 7 segundos y un tiempo de descanso de 15 segundos, y el tiempo de juego efectivo es del 31%. Este deporte es muy exigente, con una frecuencia cardíaca (FC) media superior al 90% de la FC máxima del deportista. Durante la competición, tanto los sistemas aeróbicos como los anaeróbicos requieren acciones intermitentes: 60-70% en sistemas aeróbicos y aproximadamente 30% en sistemas anaeróbicos en comparación con el metabolismo anaeróbico del ácido láctico, los requisitos para el metabolismo del ácido láctico son mayores. La trayectoria de la bola volante es inusual, el atleta utiliza un método de movimiento específico para realizar acciones específicas, como estocadas y saltos, y realizar golpes poderosos. Finalmente, los jugadores de bádminton tienen buena visión y pueden obtener una respuesta visual precisa de inmediato. El conocimiento del bádminton puede ayudar a mejorar el entrenamiento y las habilidades de bádminton (Phomsoupha & Laffaye, 2015).

Se eligió el tema de robots para bádminton como tema de esta investigación debido a que ya se han desarrollado varios robots de bádminton y se ha completado un juego simple y muy completo. Se espera que el desarrollo futuro de la tecnología robótica traiga mejores funciones del robot, incluida la actuación como socio de práctica para atletas profesionales y la participación activa en entretenimiento deportivo como competiciones regulares. Sería más útil si los robots fueran humanoides.

En los deportes interpersonales, el efecto del movimiento del oponente es excelente, por lo que imitar el mismo movimiento que un humano es un aspecto importante de un compañero de práctica. Además, los humanos ejecutan una variedad de disparos al aprovechar al máximo los múltiples grados de libertad del cuerpo. Además, desde la perspectiva de los torneos, ciertas características de los robots humanoides tienen un alto valor de entretenimiento. Sin embargo, los volantes y las raquetas en bádminton son muy ligeros y por tanto requieren agilidad. Por ejemplo, se dice que en todos los juegos de raqueta la venta aérea es la más rápida. Por lo tanto, es difícil obtener un alto grado de rendimiento dinámico de un ser humano con una arquitectura de robot solo confiando en motores eléctricos convencionales (Mori et al., 2019),

3.1.2 IMPLEMENTOS DEPORTIVOS

(Federación Española de Bádminton et al., 2015) menciona:

Para volante de pluma natural:

El volante debe tener 16 plumas fijadas a la base. Las plumas deben tener una longitud uniforme de entre de 62 a 70 milímetros. Las puntas de las plumas deben formar un círculo de 58 a 68 milímetros de diámetro. Las plumas deben estar aseguradas firmemente con hilo u otro material apropiado. La base debe tener de 25 a 28 milímetros de diámetro y final redondeado. El volante debe pesar de 4,74 a 5,50 gramos.

Para volante de pluma sintética:

La falda, o simulación de las plumas en materiales sintéticos, reemplaza a las plumas naturales, sin embargo, dada la diferencia del peso específico y el comportamiento de los materiales sintéticos en comparación con los de plumas, una variación de hasta el 10% es aceptable. Con tal de que no haya variación en el diseño general, velocidad y vuelo del volante, se pueden modificar las especificaciones anteriores con la aprobación de la Asociación Miembro participante interesada, en lugares donde las condiciones atmosféricas debido a la altitud o clima hacen que el volante normal no sea apropiado. (p.5)

Para probar un volante, se realiza un golpe con un apretón de manos bajo, que hace contacto con el volante. El volante debe girarse en ángulo ascendente y en una dirección paralela a las líneas laterales (Phomsoupha & Laffaye, 2015).

Los volantes como están divididos en dos categorías, plásticos y emplumados, en la siguiente figura se puede observar una gráfica con una trayectoria de ambos en igualdad de condiciones para conocer las diferencias entre los dos materiales.

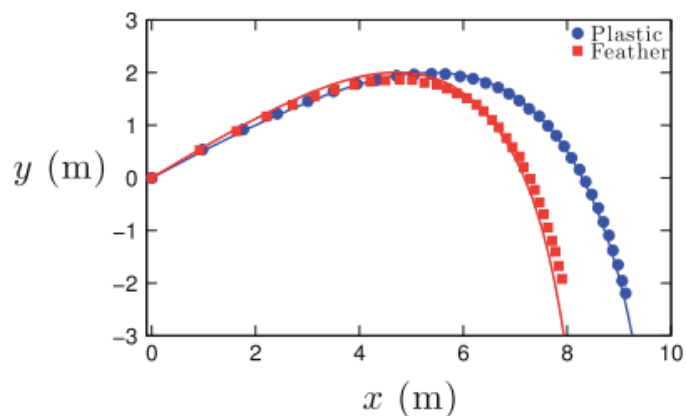


Figura 1. Gráfica de Desplazamiento

Fuente: (Cohen et al., 2015)

Trayectorias de objetos voladores de plástico y plumas obtenidos en las mismas condiciones iniciales (θ_0 y U_0). Los puntos azul y rojo son respectivamente para proyectiles de plástico o plumas. La línea continua es la solución numérica de la ecuación de movimiento con el mismo valor inicial con condiciones experimentales. Se determina la longitud aerodinámica de cada volante a partir de las mediciones del túnel de viento. Con el mismo ángulo y velocidad iniciales, el rango es mayor para el plástico que para los volantes emplumados. Este aumento es de aproximadamente un metro, lo que representa el 10% del rango total. Este fenómeno se observa en una gran variedad de volantes de plástico y plumas, ambos proyectiles se pueden distinguir por sus longitudes aerodinámicas (Cohen et al., 2015).

Según (Cohen et al., 2015) " La forma cónica de un volante le permite girar al impactar. Como partícula ligera y extendida, vuela con una trayectoria de pura resistencia. " (p.2)

Por esta razón, aunque se le golpee con extrema fuerza a un volante, nunca se verá una velocidad alta en el vuelo del volante, ya que toda su trayectoria es de pura resistencia al aire. Una de las técnicas típicas y poderosas del bádminton para derrotar al oponente es el smash. Este es un golpe de derecha por encima de la cabeza, smash es el golpe más poderoso de todos. La velocidad máxima de un volante roto supera el de cualquier otro proyectil deportivo de raqueta. En doble mixto, aplastar puede ser un problema crucial debido a la impresión de que la fuerza de las mujeres es menor que la de los hombres (Salim et al., 2016). La trayectoria del vuelo volante está influenciada por la velocidad terminal. Además, la actividad del trazo que incluye ángulo y fuerza que realizado por un jugador de bádminton afectará la trayectoria del volante.

(Cohen et al., 2015) menciona:

Los jugadores experimentados prefieren jugar con un volante frágil de plumas que con

uno más barato y resistente uno de plástico. Esto puede entenderse por el hecho de que los proyectiles emplumados pueden tener velocidades iniciales más rápidas sin salirse de la cancha, debido a su menor longitud aerodinámica. Usando volantes emplumados, un jugador puede realizar un smash a una mayor velocidad, lo que permite menos tiempo para que el oponente reaccione. (p.9)

Aparte del volante, existe otro instrumento fundamental para poder realizar un juego o entrenamiento de bádminton, y este instrumento es la raqueta. La raqueta es un instrumento utilizado en este deporte para golpear el volante. Las raquetas de bádminton profesionales son ligeras y pesan entre 75 y 90 gramos, mientras que las raquetas para principiantes sin cuerdas pesan alrededor de 100 o 115 gramos. Este instrumento debe ser ligera y estar compuesta por tres partes: la empuñadura, la cabeza con cuerdas y la pierna, la pierna es la varilla que separa las dos primeras partes (Che Hassan et al., 2018).

La raqueta debe ajustarse a una estructura de no más de 680 milímetros de largo y 230 milímetros de ancho. Están hechas de fibra de carbono junto con una variedad de otros materiales que veremos más adelante. La fibra de carbono tiene una excelente resistencia en relación a su peso, igual a la dureza del acero. En el pasado, las raquetas estaban hechas de materiales livianos como el aluminio, pero después de un tiempo estas se encontraban en un estado de corrosión. Por reglamento la raqueta debe estar libre de objetos atascados o protuberancias que no sean exclusivamente y específicamente para limitar o prevenir el desgaste, rotura, vibraciones, para distribuir el peso o asegurar el mango con cinta a la mano del jugador y que su tamaño y posición sean los adecuados (Federación Española de Bádminton et al., 2015).

El bádminton exige una excelente forma física y buena coordinación motora para el desarrollo de movimiento de raqueta sofisticado(Salim et al., 2016). Aunque las raquetas están hechas de fibra de carbono, existen numerosos materiales de los cuales también puede estar compuesta una raqueta para jugar bádminton. Las propiedades o criterios del material se eligen respectivamente de la función o el uso del marco de la raqueta de bádminton. Su función incluye jugar, guardar

en casa o viajar con transportes (Che Hassan et al., 2018).

Fibra de carbono: La fibra de carbono está hecha de carbonización y grafitización de fibra orgánica clásica. Este material está compuesto por un 90% más de carbono que el polímero inorgánico siendo compuesto de fibra de grafito de carbono al 99%. La fibra de carbono es un polímero, a veces llamado fibra de grafito. Es un material muy resistente y muy ligero. La fibra de carbono está hecha de fibras cristalinas sólidas y delgadas de carbono que se utilizan para fortalecer el material. La fibra de carbono tiene el doble de resistencia que el acero. Incluso siendo la fibra de carbono más duro que el acero, es más ligero que el acero, lo que lo convierte en el material ensamblador perfecto para algunas partes (Ravi & Gupta, 2018).

Fibra de boro: La fibra de boro es un alambre de tungsteno depositado con el elemento boro durante la reacción. Contiene tricloruro de boro e hidrógeno en el rango de temperatura de 800 ° C a 2000 ° C. El boro pertenece al grupo III A de la tabla periódica, aunque es muy diferente del resto de elementos de su grupo: aluminio, indio, galio y talio, ya que es el único no metálico del grupo. Existen analogías importantes con los metaloides como el carbono y el silicio. Es un material semiconductor duro con una alta temperatura de fusión. Se ha utilizado para reparar el fuselaje de los aviones de combate para mantener las alas puesta (Che Hassan et al., 2018).

Según (Kumaraswamy et al., 2020) "La adición de fibra de boro aumenta la dureza y la resistencia a la compresión del compuesto. 8% fibra de boro y 8% de fibras de boro -1% de grafito da mejores resultados". (p.10)

Aluminio: Elemento químico metálico, símbolo Al, número atómico 13, peso atómico 26,9815, perteneciente al grupo IIIA de la tabla periódica. El aluminio puro es blando y tiene poca resistencia mecánica, pero se puede alea con otros elementos para aumentar su resistencia y obtener diversas propiedades útiles. Las aleaciones de aluminio son ligeras, resistentes y fáciles de moldear para muchos procesos de mecanizado. Son fáciles de ensamblar, fundir o mecanizar y aceptan una variedad de superficies. El aluminio es el metal no ferroso más utilizado debido a

sus propiedades físicas, químicas y metalúrgicas. El aluminio es el elemento metálico más abundante en la tierra y en la luna, pero nunca se produce naturalmente en forma libre. Está muy extendido en plantas y en casi todas las rocas, especialmente en rocas ígneas que contienen aluminio en forma de minerales de aluminosilicatos. El aluminio primario es el aluminio extraído de la celda o celda electrolítica durante el proceso de electrólisis. Reducción electrolítica de alúmina metalúrgica (alúmina- Al_2O_3). Por lo tanto, excluya las aleaciones aditivas y aluminio secundario. El metal más popular debido a su bajo costo, peso ligero, rigidez moderada y fácil procesamiento. Este es un material para jugadores que quieren ser flexibles con la raqueta, pero no tienen suficiente precisión y potencia (Che Hassan et al., 2018).

Acero al carbono: El acero al carbono es el material más utilizado en la industria. Este material es muy resistente, con buena memoria de forma, muy adecuado para resortes y alambres. El acero al carbono es un compuesto de hierro y carbono. Cuando el hierro se alea con carbono, se denomina acero al carbono. Aunque el componente principal es el carbono, también se alea con otros elementos como el hierro y el manganeso, la proporción de carbono y el tratamiento térmico del acero son los factores que determinan su desempeño, también se le llama acero forjable, lo que significa que es flexible y puede tomar cualquier forma. Se considera de alta resistencia y baja aleación (Kumaraswamy et al., 2020).

Níquel titanio: El níquel titanio (NiTi) es una combinación de dos metales diferentes, metales de níquel y titanio, donde estos elementos tienen el mismo porcentaje atómico. Nitinol fue desarrollado en el Laboratorio de Artillería Naval (NOL) en Silver Spring, Maryland hace 40 años. Por ello, se creó el acrónimo NiTiNOL, que se utiliza en todo el mundo para este tipo particular de aleación (Che Hassan et al., 2018).

Aleación de titanio: La aleación de titanio se utiliza ampliamente en el campo de la ingeniería, especialmente en componentes aeroespaciales, automotrices y biomédicos, debido a su alta

resistencia a la corrosión. La aleación de titanio es la primera aleación Ti-6Al-4V que se desarrolló en los Estados Unidos. Debido a su buena resistencia al calor, fuerza, corrosión y su buena elasticidad, tenacidad, maleabilidad, soldabilidad y biocompatibilidad, se ha convertido en la aleación líder en la industria de las aleaciones de titanio. El uso de esta aleación tiene del 75% al 85% de todas las aleaciones de titanio. Otras de las aleaciones de titanio pueden verse como una modificación de aleación Ti-6Al-4V. El titanio y la aleación de titanio se utilizan ampliamente en el tren de alta velocidad, ingeniería aeroespacial, automóviles, barcos, contenedores de productos químicos y otros campos debido a su excelente actuación (H. Li, 2020).

(H. Li, 2020) menciona:

Hay cientos de aleaciones de titanio desarrolladas en el mundo, y las aleaciones más famosas son 20-30 tipos, Ti-6Al-4V, Ti-5Al-2.5Sn, Ti-2Al-2.5Zr, Ti-32Mo, Ti-Mo-Ni, Ti PD, SP-700, Ti-6242, Ti-10-5-3, Ti-1023, BT9, BT20, etc.

La Federación Mundial de Bádminton (BWF) decide sobre todas las cuestiones, si la raqueta, volante, equipo o prototipo utilizado para jugar al bádminton cumple con la normativa. La decisión debe tomarse por iniciativa de la BWF o por solicitud de una de las partes que tenga interés en este aspecto, incluidos todos los jugadores, el personal técnico, los fabricantes de asociación miembro material, participante o miembro de la misma (Federación Española de Bádminton et al., 2015).

Pasando al tema de la zona de juego, definimos que en cada campo, hay dos áreas de servicio, izquierda y derecha. Los servicios se brindan desde nuestra área de servicio a un área de servicio diagonalmente opuesta en otra área. Cuando el puntaje del servicio del equipo es par, siempre se obtiene del área de servicio derecha; cuando el puntaje del equipo es impar, se obtiene del área de servicio izquierda. (Che Hassan et al., 2018)

Juegos Individuales

Para juegos individuales los jugadores deben sacar y recibir en sus respectivas cajas de servicio de lado derecho cuando el servidor no gana puntos o puntos par. Los jugadores deben servir y recibir en sus respectivas cajas de servicio de lado izquierdo cuando el servidor obtiene un número impar de puntos en el juego. Si el servidor gana, sumará puntos por su propia puntuación y se sacará de nuevo desde el otro lado de la cancha. Si el receptor gana el juego, sumará puntos por su puntuación y comenzará a servir (Federación Española de Bádminton et al., 2015).

Juegos Dobles

Para juegos dobles en los siguientes casos, el jugador del lado del servidor proporcionará servicios desde el cuadro de servicio de lado derecho cuando este sin puntuación o un número de puntos para el servidor. El jugador del lado del servidor proporcionará servicios desde el cuadro de servicio a la izquierda cuando el lado servidor ganó un número impar de puntos en el juego. El último jugador servidor en el lado receptor debe quedarse en el último lado de servicio donde sacó. Lo opuesto se aplicará a su compañero. El jugador que está situado en el área de servicio diagonalmente opuesto al servidor se convertirá en el receptor. Los jugadores no cambiarán sus respectivos campos de servicio hasta que ganen puntuación siendo ellos los servidores. El servicio de cualquier ciclo de servicio debe seguir el orden de puntuación del lado del servicio. Después de devolver el servicio, cualquier jugador del lado del servidor y cualquier jugador del lado receptor puede golpear alternativamente el volante desde cualquier posición hasta que el volante ya no esté en juego. Si el lado del servidor gana la jugada, ganará un punto. El servidor volverá a servir saque desde la caja de servicio contraria. Si el receptor gana la jugada, ganará un punto, y pasará de lado receptor a lado servidor (Federación Española de Bádminton et al., 2015). En los partidos de dobles de bádminton, las habilidades poderosas para matar, especialmente las habilidades backfield, son un medio importante de anotar (C. Zhou, 2020).

3.2 ROBÓTICA Y AUTOMATIZACIÓN

La colaboración entre humanos y robots en un espacio de trabajo es una de las principales

características de la Industria 4.0. La investigación orientada a los problemas en el campo de la automatización industrial incluye el desarrollo de robots más seguros en sistemas de interacción hombre-máquina. Debido a la estrecha colaboración entre humanos y robots, muchos de los problemas de la robótica y automatización industrial están asociados no solo con cuestiones técnicas, sino también con aspectos sociales. La optimización y automatización de la producción mediante la introducción de robótica brinda soluciones que son ampliamente utilizadas. En el futuro cercano, se convertirá en la base de todos los procesos comerciales.

Hoy en día, la automatización juega un papel importante en varios tipos de industrias, para minimizar los esfuerzos humanos y aumentar la productividad logrando satisfacer la demanda del cliente. La automatización es utilizada en diferentes tipos de industrias como la automovilística, electrónica, eléctrica, medica, armamentista y agrícola para mejorar la calidad de los productos y reducir los errores humanos, el costo y el tiempo (Kulkarni, 2019).

3.2.1 AUTOMATIZACIÓN

Los requisitos de los usuarios de sistemas de automatización han estado cambiando constantemente. Las primeras necesidades fueron vigilancia y control en bucles repetitivos de procesos industriales. Durante las últimas décadas funciones como control avanzado, alarmas, interfaz a sistemas comerciales, etc. han sido optimizadas para cumplir con las necesidades de sus usuarios.

(Nandgave et al., 2016) Menciona:

La automatización es el uso de sistemas de control tales como control numérico, controles lógicos programables y otros sistemas de control industrial, junto con otras aplicaciones de TI (como CAD, CAM, CAX), para controlar maquinaria y procesos industriales, reduciendo la necesidad de recursos humanos. (p.1)

Al establecer una secuencia de pasos para realizar una determinada tarea de acuerdo con los datos obtenidos del entorno, el objetivo es que el proceso o sistema se controle a sí mismo. Una

vez logrado lo anterior, se asume que el proceso ha sido automatizado, teniendo en cuenta que uno de sus principales usos es ayudar en las tareas que el ser humano necesita realizar en términos de precisión, rapidez y seguridad (W. Wang & Siau, 2019).

Cualquier sistema de control "automático" debe ser estable, lo cual es un requisito importante. En el campo de la industrialización, la automatización es un paso más allá de la mecanización. Si bien la mecanización proporciona a los operadores humanos equipo mecánico para ayudarlos a completar su trabajo, la automatización también reduce en gran medida la necesidad de requisitos sensoriales y espirituales humanos. Los procesos y sistemas también se pueden automatizar. La automatización juega un papel cada vez más importante en la economía global y los gastos diarios. Los ingenieros se esfuerzan por combinar equipos automatizados con herramientas matemáticas y organizativas para crear sistemas complejos para actividades y aplicaciones humanas (Nandgave et al., 2016) .

El concepto de estabilidad ideal, que se estima en absoluto, se refiere al hecho de que en un sistema de control las reacciones son completamente inmediatas a la manipulación de las variables de entrada. Para el sistema, sin embargo, un sistema debe tener una estabilidad relativa adecuada, es decir, la velocidad de reacción debe ser relativa. ser alto (según los sensores y actuadores utilizados) y tener un buen grado de flexibilidad. Un sistema de control debe poder reducir a cero un valor suficientemente pequeño, que se deriva de los límites de error que pueden ocurrir (W. Wang & Siau, 2019).

Hay dos campos en el sistema de producción. Uno es PA que representa por sus siglas lo que es la automatización de procesos y otro es FA que representa por sus siglas la automatización en fábricas. El controlador utilizado para PA es DCS (Distributed Control System) que procesa principalmente señales analógicas. El DCS se originó a partir de una colección de controladores PID.

El sistema de producción FA es el proceso de ensamblaje para todas las industrias grandes, que

producen a grande escala y con suma eficiencia, como lo es la industria automotriz, industria de electrodomésticos, industria de cualquier tipo de bienes, etc. El controlador para FA es un PLC, controlador lógico programable por sus siglas que se ocupa principalmente de la señal ON / OFF y su origen es una secuencia de relé (M. Y. Kuo et al., 2016).

Los controladores lógicos programables (PLC) implementan sistemas de control industrial que reaccionan continuamente al entorno a través de sensores y actuadores para completar diversas tareas y procesos de fabricación. El controlador lógico programable es un sistema de control que se puede programar por el usuario, este dispositivo es de estado sólido con funciones de lógica de control, clasificación, programación, procesamiento y recuento de datos aritméticos. Este dispositivo funciona como una computadora industrial con una unidad central de procesamiento, memoria, interfaces de entrada y salida y equipo de programación. La unidad central de procesamiento proporciona inteligencia del controlador, recibe datos e información de estado de varios dispositivos de detección (como interruptores de límite, interruptores de proximidad), ejecuta programas de control de usuario almacenados en la memoria y envía los comandos de salida apropiados a dispositivos como válvulas solenoides, interruptores, etc. (W. Wang & Siau, 2019).

Segun M. Y. Kuo et al., (2016): " El PLC se inventó en respuesta a las necesidades de la industria automotriz estadounidense. "(p.2228)

En 1968, GM Hydrometric (División de Transmisión Automática de General Motors) emitió una propuesta electrónica para el reemplazo de los sistemas de relés cableados. El primer PLC fue designado 084 porque fue el resultado del Proyecto 84 de Bedford Associates. Dickey Morley es considerado el "padre" de PLC (Nandgave et al., 2016). La principal diferencia con otras computadoras y un PLC es que los PLC se fabrican para resistir diversas condiciones como polvo, humedad, calor y frío y tienen funciones para una amplia gama de configuraciones de entrada / salida.

Estas entradas y salidas son los que conectan el PLC a los sensores y actuadores que se requieren para realizar distintos procesos. El PLC lee los interruptores de límite, simula variables de proceso (como temperatura y presión) y posiciones complejas en el sistema. Algunos usan visión por computadora. En el lado del actuador, el PLC opera motores, cilindros neumáticos e hidráulicos, relés electromagnéticos, solenoides o salidas analógicas. El dispositivo de entrada / salida puede integrarse en un PLC simple, o el PLC puede conectar E / S externas a una red de computadoras conectada al PLC (Nandgave et al., 2016).

Como ejemplos de automatización industrial se incluyen sistemas de suministro de energía que son redes inteligentes, también sistemas de transporte como lo son los sistemas de manejo de equipaje en aeropuertos o sistemas de bandas transportadoras. Otro ejemplo pueden ser los robots industriales que pueden ser brazos robóticos en líneas de producción (M. Y. Kuo et al., 2016).

Los PLC son un pilar en la automatización industrial, ya que es el instrumento más importante a la hora de realizarse procesos industriales. Este dispositivo es el encargado de controlar las producciones de industrias multimillonarias, mismas industrias encargadas de producir bienes utilizados por toda la población mundial, como son los automóviles, y otros productos materiales. Aparte de productos materiales, otro rol importante que cumple el PLC es en procesos industriales de producción y procesamiento de alimentos, algo fundamental que necesita y consume todas las personas alrededor del mundo.

3.2.1.1 DICK MORLEY

Richard E. "Dick" Morley y George Schwenk fundaron Bedford Associates en Bedford, Massachusetts, como una empresa de ingeniería de sistemas de control (Automatización) en 1964. Sus clientes principales eran fabricantes de máquinas herramienta en el área de Inglaterra que confiaron en ellos para que les proporcionaran controles de minicomputadora.

La programación y depuración de estas minicomputadoras, así como sus controladores

generalmente tomaban seis meses para ser puestos en marcha y poner a funcionar los sistemas, frustrando tanto a los ingenieros como a los clientes. Morley imaginó un método enfocado en la simplicidad para resolver este problema, utilizando avances en estado sólido de la electrónica, computadoras y procesamiento de señales digitales.

El 1 de enero 1968, dirigió su equipo de Tom Boissevain, Jonas Landau y Mike Greenberg en el desarrollo de un nuevo controlador programable (PC) que utiliza lógica de escalera para la programación. Acelerando el tiempo de escaneo del programa, se empleó procesamiento paralelo, reduciendo el tiempo de instalación de la programación del software de seis meses a seis días. Un cambio drástico que, junto con la robótica, dieron comienzo a la industria moderna (Brusso, 2018).

Los controladores de fábrica, o PC (Programmable Controllers), fueron inventados en 1968 por Morley y su equipo usando los fundamentos de los diagramas lógicos de escalera de relés para emular controles de relé y electrónica de estado sólido. Ahora muchas de las funciones varían de las originales cuando se trata de relés electromecánicos individuales. Esta nueva tecnología de automatización industrial proporciona los medios para programar el controlador, en lugar de cambiar todo el cableado físico de los relés para crear funciones como temporizadores, contadores y secuenciadores lógicos.

En 1968, Bedford Associates creó un diseño de controlador robusto modular, sellado contra el medio ambiente, sin ventiladores y sin interrupciones para el procesamiento. Morley decidió iniciar una empresa para capitalizar su nuevo descubrimiento de tecnología y proporcionar la fabricación, marketing, servicio, e investigación adicional necesaria para desarrollar productos de control de automatización. Modicon, un acrónimo de Modular Digital Controller, se incorporó el 24 de octubre de 1968 con inversores de Bedford Associates, Finn-Tech y DEC y fue dirigido por el residente Bill Fletcher. Morley nombró a su primer producto Modicon (Brusso, 2018).



Figura 2. Richard E. Dick Morley

Fuente: (Brusso, 2018)

3.2.2 ROBÓTICA

La idea de diseñar y construir algún tipo de máquinas o dispositivos que pudieran llevar a cabo las tareas repetitivas o pesadas, aliviando así a las personas de esta carga, se remontan a la antigüedad, ya que aparte de ofrecer un alivio a los trabajadores se aumenta la eficiencia de cualquier proceso. Desde hace mucho, algunos de estos dispositivos, que fueron llamados autómatas, han sido diseñados y creados por ingeniosos inventores, pertenecientes a diferentes civilizaciones a lo largo de los siglos.

El término "autómatas" se refiere principalmente a dispositivos similares a los humanos, mientras que el término "robot" tiene un significado más general. Generalmente los autómatas son aquellas máquinas que tengan forma humana o animal, y que imita los movimientos corporales del ser vivo, es muy diferente al término "robot" que puede adoptar cualquier forma y tarea a la cual este diseñado para desarrollar. El origen del término "robot" se sitúa en tiempos más recientes, proviene de la palabra checa "robota", que significa "trabajo pesado" o "trabajo forzoso". La introducción de este término se debe al escritor checo Karel Čapek (1890-1938), que lo utilizó por primera vez en 1920 en su novela "R.U.R: Rossum's Universal Robots" (Gasparetto & Scalera, 2019).

Es importante establecer que gracias a los futuristas ingenieros y pensadores de hace muchos años, que colaboraban entre si para diseñar máquinas con el fin de ayudar a los trabajadores en trabajos varios, se establecen las bases para el futuro, creando máquinas que mejoran

determinados procesos y labores. Las aplicaciones industriales de la robótica adquirieron una importancia primordial en los últimos siglos, y no fue hasta la época de 1950 que dio inicio la "Robótica Industrial".

3.2.2.1 GEORGE DEVOL

George Charles Devol, Jr., abrió su primera empresa de manufactura cuando tenía tan solo 19 años, en las profundidades de la gran Depresión. Era el primer paso de un compromiso de por vida para transformar la eficiencia de la industria y la seguridad. Con su mente visionaria y revolucionaria con respecto a la automatización universal, creo lo que sería el primer robot industrial, Unimation. Cofundó la primera y más grande empresa de robótica del mundo y poseía 36 patentes, incluido el primer robot industrial.

Ballard et al., (2016) menciona:

Devol estaba considerando cómo actualizar los métodos de manufactura. Viendo toneladas de herramientas en depósitos de chatarra, cambios obsoletos en el diseño de los subproductos, concluyó que esto era "un desperdicio y no hay forma de administrar un negocio " (pg. 114).

La solución de Devol fue la automatización universal, que no se volvería obsoleta si no que podría adaptarse al cambio de productos y nuevos productos. Desarrolló la idea y obtuvo U.S. Patente 2,988,237 para "Programable Transferencia de artículos" en 1956. Él propuso este sistema como alternativa a las máquinas manuales y controladas por levas que se utilizaban para transferir el objeto. A Devol le molestaban las condiciones en las que los humanos eran expuestos en su trabajo. "Las fábricas eran lugares traicioneros".

Los trabajadores eran a menudo forzados a operar en lugares sucios, estrechos, rodeados de productos tóxicos y químicos, sin mencionar la peligrosa maquinaria. Imaginó robots manejando estas tareas peligrosas y monótonas; dispositivos que pueden realizar tareas con mayor precisión y resistencia que el trabajador humano, hacerlo a un menor costo y sea rentable para nuevas tareas según lo requiera la producción. Devol tuvo una visión del futuro que cambiaría para

siempre no solo la industria, si no también, el mundo. (Ballard et al., 2016)

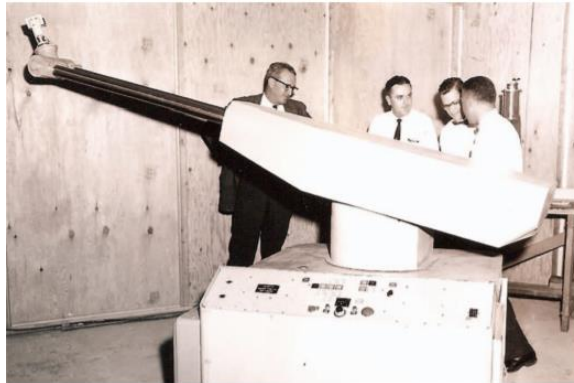


Figura 3. Unimation (Primer Robot Industrial en la historia (1960))

Fuente: (Ballard et al., 2016)

3.2.3 ROBOTICA INDUSTRIAL

La robótica es una disciplina sorprendentemente antigua y los robots han dado forma a la industria y a las diversas revoluciones durante muchas décadas obligando así que, con el tiempo, cada vez se elaboren diseños más eficientes y complejos. Algo que se ha mejorado indiscutiblemente es el tamaño, su autonomía, y la disminución del ruido que producen las partes mecánicas. Isaac Asimov utilizó por primera vez el término robótica en libros de ciencia ficción que inspiraron a científicos e ingenieros a desarrollar los primeros robots industriales. En ese momento nació la tercera revolución industrial (Grau et al., 2017).

Gasparetto & Scalera (2019) menciona:

La historia de la robótica industrial se desarrolla convencionalmente en la década de 1950, aunque algunos avances en la automatización habían tenido lugar antes: como por ejemplo un dispositivo de pulverización de pintura "programable" inventado por Pollard y Roselund en 1938 (Koetsier, 2019), y un "manipulador" tele operado inventado por Goertz en 1949, por ejemplo. Sin embargo, el punto de inflexión de la robótica industrial

se debió al genio de George Devol, quien diseñó en 1954 una "transferencia de artículos programable" (este fue el nombre dado cuando se presentó la solicitud de patente). Tal dispositivo fue la base para el desarrollo de Unimate, el cual se considera el primer Robot industrial "verdadero" en la historia (pg. 26).

En la actualidad, los robots han evolucionado de una manera casi increíble, siendo flexibles, rápido y mucho más inteligentes que los de hace unas décadas. Como parte de Industria 4.0, los robots se han convertido en la fuerza impulsora de la automatización donde nunca antes había estado. En comparación con los sistemas de producción de hace unos cuantos años, donde el operador humano y los robots están separados de acuerdo con los estándares de seguridad se ha cambiado mucho.

La producción utilizando robótica avanzada y la colaboración humano-maquina ha crecido exponencialmente. El operador y el robot trabajan juntos en un único entorno de trabajo. En el futuro se llevará a cabo la automatización de procesos en el ámbito de la logística, la salud y los servicios públicos por sistemas robóticos. El principal campo de aplicación de la robótica es la industria, y eso ha quedado claro a lo largo del tiempo, no hay automatización sin robotización (Galin & Meshcheryakov, 2019).

3.2.3.1 ROBOT ARTICULADO

El robot articulado es un tipo de robot utilizado en aplicaciones industriales. Este robot está configurado combinando articulaciones rotativas como un brazo humano. Consta de dos componentes rectos, correspondiente al antebrazo y la parte superior del brazo humanos, y una pinza como dedos. Este tipo de robot se suele utilizar en operaciones pick and place (Nyein et al., 2016).

La automatización se ha introducido de lleno en la industrial actual. La robótica se utiliza para automatizar procesos ya que el robot (en determinadas áreas y tareas) tiene mejores habilidades sobre trabajadores humanos, y aunque han sustituido la mano de obra humana, también ayudan

en tareas monótonas, peligrosas y repetitivas que podrían hacer miserable a cualquier ser humano.

3.2.3.2 ROBOT SCARA

El robot industrial SCARA, el cual tiene un alto grado de flexibilidad y versatilidad ha estado en la electrónica, la industria automotriz y en otras áreas que requieren trabajos automatizados de pick and place. Estos robots manipuladores acceden a una amplia gama de aplicaciones. Con un acoplamiento fuerte, altamente no lineal y sistemas que varían en el tiempo. Cabe destacar que los robots SCARA han atraído la atención de universidades y escuelas, para métodos de enseñanza prácticos, el estudiante experimentará y aprenderá a utilizar un robot industrial que se utiliza para diversas aplicaciones profesionales (J. Liu et al., 2015).

3.2.3.3 ROBOT CARTESIANO

Entre las primeras generaciones de robots industriales utilizados en diversas áreas se encuentran los robots industriales cartesianos. Las principales ventajas de estos sistemas de posicionamiento son su flexibilidad y capacidad de posicionamiento rápido. El tiempo reducido en el que se genera la programación de la trayectoria de los robots industriales es una ventaja particular de estos sistemas.

Los robots industriales con enlaces cinemáticos lineales tienen una amplia gama de uso en las siguientes aplicaciones:

- Sistemas de fabricación flexibles, como puertos de trabajo para los sistemas de suministro de máquinas herramienta.
- Sistemas de montaje automatizados.
- Sistemas de soldadura automática.
- Transporte y almacenamiento automático de piezas, herramientas y dispositivos.

Los robots industriales cartesianos son los únicos robots industriales que utilizan enlaces lineal-cinemáticos y la estructura puede ser tipo portal o en cubierta (Luncanu & Stan, 2019).

3.2.3.4 ROBOT INDUSTRIAL DE 6 EJES

Este tipo de robots ofrecen muchas cualidades importantes, ya que tienen varios grados de libertad. Proporcionan fuerza, rapidez y precisión al momento de realizar cualquier tarea. Aparte de que gracias a sus 6 ejes puede trabajar en espacios reducidos sin mucha dificultad. El único problema que presenta, este y casi todos los robots industriales, es que no detectan su entorno, simplemente elaboran la función que se les ha establecido, es por eso que es importante mejorarlos, para que la seguridad de trabajar con ellos sea garantizada. Se quieren hacer mejoras, y se ha estudiado seleccionar el sensor de color como medio de reconocimiento, e introducir algún microcontrolador para programarle asignaciones, presentando un modelo de reconocimiento inteligente de robot industrial de seis ejes con percepción de color, dinámica toma de decisiones y otras funciones multifuncionales, todo esto con el fin de mejorar la seguridad en el entorno (Cai et al., 2017).

3.2.4 ROBOTS MÓVILES AUTONOMOS

Los robots móviles autónomos han asumido un papel muy importante cuando se habla de la sociedad moderna. Un tipo relevante de robots móviles autónomos son los que se orientan a la vigilancia y tareas de seguridad en interiores. Además de poder navegar y evitar obstáculos, este tipo de robot en particular debe realizar tareas de seguimiento, por ejemplo, detección de intrusos. Para el desarrollo de robots móviles autónomos, se tiene que tener en cuenta varios aspectos como el tipo de aplicación y los sensores adaptados, que componen el hardware del robot. Además, un componente muy importante de un robot consiste en su control y sistema de navegación, que es el software del sistema robótico (Correa et al., 2012).

Este tipo de robots necesitan tener incorporados una gran cantidad de sensores para poder realizar su función. Para que un robot sea considerado totalmente autónomo hay ciertos aspectos y funciones que deben tener. Uno de ellos es que el robot necesita recibir información del ambiente en el que se encuentra. Otra característica es que tiene que saber su posición, para así poder transportarse de un lugar a otro sin chocar y atascarse. Se debe mover sin que haya ninguna interacción con el ser humano.

3.2.4.1 ROBOT DE LIMPIEZA AUTONOMO

Un robot de limpieza a menudo denominado RoboVac, es una aspiradora robótica autónoma con programación inteligente y un sistema de control electromecánico de alta estabilidad y rápida funcionalidad. En 2002, iRobot, una empresa estadounidense de tecnología avanzada, lanzó una aspiradora automática llamado Roomba. La Roomba pudo cambiar de dirección cuando encontró un obstáculo, manchas sucias en el piso y detecte escombros empinados para evitar caerse de las escaleras (Ong, 2019).

Un robot autónomo también puede aprender, como adaptar nuevos métodos para realizar sus tareas o adaptarse a entornos cambiantes. El robot de limpieza debe tener inteligencia artificial y un mecanismo para solucionar el problema de la limpieza de todo el entorno, teniendo en cuenta determinados factores como el número de vueltas (rpm) y la longitud de su trayectoria. Se está investigando robótica e IA para crear mejores aspiradoras robóticas en el futuro.

El mapeo y la localización son dos actividades estrechamente relacionadas con el robot de limpieza autónomo. El mapa creado se puede utilizar en una variedad de aplicaciones, como planificación de rutas, seguridad, limpieza, monitoreo y otros. Dado que el robot autónomo no requiere ninguna intervención humana para su trabajo, la localización y navegación del robot es la principal preocupación en el diseño de un robot de limpieza autónomo. Sensores como lo son las cámaras y escáneres láser proporcionan una gran cantidad de información sobre el entorno y, por lo tanto, son ampliamente utilizados, si bien es cierto aumentan el costo, pero también elevan la eficiencia.

3.2.5 ROBOTS TELEOPERADOS

Los robots controlados a distancia (robots teleoperados) juegan un papel importante en el afrontamiento con desastres naturales y accidentes a gran escala, como eventos que involucran plantas nucleares o deslizamientos de tierra, porque la situación no puede evaluarse ni la

recuperación puede ser planeada de antemano, y en este tipo de desastres la intervención humana es imposible, ya que el involucrado estaría en riesgo de perder la vida. Estas tareas requieren flexibilidad de operaciones dependiendo de la situación. Varios tipos de ya se han desarrollado sistemas de control remoto, incluyendo sistemas para el mantenimiento de centrales eléctricas, espacio exploración y cirugía. Además, se han desarrollado que se comunican a través de Internet para permitir un robot para ser controlado desde cualquier lugar donde el acceso a Internet sea disponible. Sin embargo, el mercado de estos robots es pequeño, y los requisitos específicos para dichos robots varían (Arai et al., 2016).

Se espera que el uso de robots en los campos de servicio aumente con el paso del tiempo. La estandarización de los sistemas robóticos teleoperados es esencial para satisfacer diversos requisitos hacia la amplia aplicación de robots en estos campos. Los beneficios de la estandarización incluyen el desarrollo de un sistema de robot que se puede volver a montar, reutilizar e intercambiar componentes en poco tiempo.

3.2.5.1 ROBOT TELEOPERADO CONTRA INCENDIOS

En los últimos años, se han producido varios desastres accidentales y naturales a gran escala en todo el mundo. Se han desarrollado robots teleoperados para solventar rápidamente estos problemas, realizando búsquedas y rescates de seres humanos reduciendo daños a estructuras y mejorando la eficiencia operativa en áreas de desastre y trabajando en sitios peligrosos, sin embargo, estos robots rara vez se utilizan. Pocos de estos robots exhiben una calidad superior en términos de movimiento y operaciones con cámara.

Varios robots teleoperados se han desarrollado para combatir incendios y reducir el riesgo para los bomberos. Además, como los robots teleoperados son máquinas, la efectividad del trabajo utilizando un robot teleoperado de extinción de incendios depende de las habilidades de extinción de incendios del operador. Varios conocimientos sobre la visualización de información método en los robots de rescate se han estudiado, pero no se menciona qué tipo de método de visualización de información es el mejor para ayudar y complementar del operador. Para llenar la brecha de habilidades entre principiantes y expertos o para mejorar la eficacia de los robots

teleoperados, varios estudios previos han evaluado las diferencias de habilidad entre novatos y expertos, y se ha determinado que un bombero experimentado hace un mejor trabajo al teleoperar un robot contra incendios (Tamura et al., 2020).



Figura 4. Robot Contraincendios teleoperado

Fuente: (Tamura et al., 2020)

3.3 AUTOMATIZACIÓN, ROBÓTICA Y EL DEPORTE

Los robots se utilizan en el deporte tanto directamente, por su participación en algunos concursos deportivos, como indirectamente, por el desarrollo de algunas aplicaciones utilizadas para el entrenamiento o para la recuperación de un atleta tras un esfuerzo intenso.

Merticaru et al (2016) menciona:

Como ejemplos de participación directa en actividades deportivas, a partir del año 1997, se organiza la competición anual de fútbol destinada exclusivamente a los robots, titulada RoboCup, y desde el año 2004 se organiza un amplio concurso para más categorías deportivas, para robots, titulado RobotChallenge (pg.1).

La existencia de estas competiciones deportivas, algunas destinadas únicamente a robots y otros para robots y personas, permitieron desarrollar algunas aplicaciones utilizadas en el entrenamiento deportivo, para el béisbol, golf, tenis, tiro al arco, bádminton, básquetbol, futbol o destinados a personas con discapacidades motoras, para que puedan practicar deporte. Gracias a estos eventos se desarrollan prótesis, utilizadas para correr, andar en bicicleta, golf, esquiar o

nadar, estando la prótesis adaptada especialmente para un fin determinado.

En cuanto al deporte se refiere, la automatización ha brindado una ayuda significativa a través de la inteligencia artificial, a la forma en la que se puede entrenar muchos deportes. Ayudando a entrenadores a poder visualizar de una forma más eficiente y optimizada el rendimiento de los atletas a los que están entrenando. En el análisis del rendimiento deportivo utilizando métodos basados en la visión, el entrenador debe interpretar manualmente el video transmitido y el contenido clave del movimiento del atleta en un paquete de software y luego realizar un análisis adicional (Rahmad et al., 2020).

3.3.1 INTERACCION HOMBRE-ROBOT

La aparición de la Computación Emocional ha comenzado a abordar una variedad de investigaciones metodológicas y problemas técnicos relacionados con la interacción entre humanos y computadoras (por ejemplo, reconocimiento automático de expresiones faciales, sitios web de comercio electrónico, diseños como avatares, emojis, aplicaciones que incorporan inteligencia socioemocional). Se ha considerado que las teorías y modelos recientes amplían el campo de la interacción humano-ordenador (HCI) tiende a centrarse más en factores cognitivos (Mohammed & Heidari, 2020).

Como seres humanos, comprender las emociones de los demás implica reconocer expresiones faciales relacionadas con las emociones y la voz, con una estrecha conciencia de los estados corporales (cuerpo idioma). Consiste en conocer las causas y consecuencias de diferentes tipos de emociones y tener la capacidad de diferenciar entre varias emociones también. Además, consiste en utilizar emociones que implica emplear los efectos de las emociones, por ejemplo, pensando positivamente para mejorar la creatividad. Además, gestionar las emociones que consiste en regular las emociones para que se ajusten a la situación. o las metas de los individuos.

Con el desarrollo de la robótica, aumenta la preocupación por la interacción humano-robot (HRI) y se busca desarrollar robots que actúen en diversos entornos. Por ejemplo, el enfoque de HRI

(Interacción Hombre-Robot) para robots sociales que atraen y controlan la atención de una persona en específico dependiendo el foco de atención visual de la persona. Se enfoca en el control de HRI para un robot de rehabilitación impulsado por un actuador elástico en serie con el fin de garantizar la seguridad del atleta.

Un nuevo controlador de impedancia para generar niveles de asistencia inigualables y desempeño de tareas durante la HRI física, sin dejar de ser energéticamente disipativo. Campos de educación como el uso de robots está muy extendido en Asia, se utilizan 700 o más robots como profesores de inglés. En la educación se trata de introducir una investigación en robótica social y su aplicación en educación o terapia para infantes. (Toyama et al., 2016)

Es por eso que es importante tener en cuenta la interacción hombre-maquina cuando se está hablando de los robots en el deporte, ya que estos sustituyen a una persona que con gestos corporales, visuales y sonoros puede brindar a un atleta un entrenamiento de calidad, porque gracias a su razonamiento no será algo mecánico, si no que en cada gesto y movimiento se podrá deducir una acción diferente, y es ahí donde entra el campo de visión artificial.

3.3.2 TIPOS DE ROBOTS EN EL DEPORTE

Cuando se habla de robótica en el deporte el área en la que se puede desempeñar es muy alta, desde robots que brinden apoyo en el entrenamiento, hasta robots capaces de poder establecer un juego 1vs1 con el atleta. A los que ayudan a mejorar tu rendimiento, es decir a entrenar, se les denominan como robots lanzadores. Los que son capaces de establecer un juego continuo se denominan robots jugadores.

Recientemente, se han publicado muchos artículos sobre el estudio de la colaboración entre el deporte y la ingeniería. Por ejemplo, del voleibol se estudia el análisis cinemático del salto con pinchos de voleibol con sistema de captura de movimiento. Se desarrolló un sistema que juega con un jugador humano. También se diseñó un nuevo sistema mediante automatización y robótica en el voleibol para imitar a los mejores atletas del mundo. (Toyama et al., 2016)

3.3.2.1 BÁDMINTON

Para proporcionar a los entrenadores un análisis más eficaz y preciso, el reconocimiento automático de movimiento de la transmisión de video es esencial. Smash es una de las acciones que realiza el jugador en un partido o juego de bádminton. Es un tiro ofensivo sobre la cabeza con trayectoria hacia abajo. En el bádminton, se ha realizado un robot que consta de un brazo para jugar este deporte. Este es un robot totalmente configurado para jugar al bádminton, que como ya se vio en las secciones anteriores es un deporte dinámico que requiere una precisión extrema.

Para la fabricación de este robot se utilizó actuadores híbridos neumáticos / eléctricos, cada uno de los cuales combina un actuador neumático con alta velocidad y portabilidad y un motor eléctrico con buena capacidad de control. El objetivo principal de su creador fue desarrollar actuadores híbridos integrados ligeros y compactos, usando piezas hechas de materiales livianos como lo es el aluminio y el plástico, y usando cables para la transmisión de potencia (Mori et al., 2019).

Este robot para lograr una alta precisión y alta potencia, también lleva integrado unidades de sensores de deformación y contramedidas térmicas. El diseño tiene una apariencia de brazo humano, ya que este robot no está basado en el área de entrenamiento, si no para jugar el deporte de manera autónoma, simulando el juego de una persona normal.

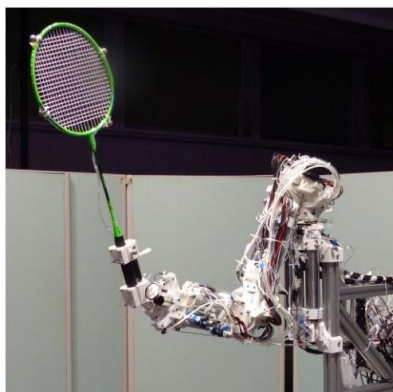


Figura 5. Brazo robótico

Fuente: (Mori et al., 2019)

Al fusionar el actuador en una estructura de enlace, se reduce el peso total, mientras que al mismo tiempo se obtiene un complejo grado de libertad y un amplio rango de movimiento. Este robot está diseñado con siete grados de libertad, tres de los cuales son para hombros, dos para codos y dos para muñecas, siendo muy similar a los grados de libertad de un brazo humano. Por lo tanto, el robot simula muy bien las acciones humanas. La velocidad máxima de la raqueta es muy rápida siendo 19 m / s. El control híbrido reduce los cambios de movimiento y la precisión del movimiento se puede aumentar más de tres veces utilizando solo control neumático. Además, se puede realizar una planificación de ruta de alta precisión y un control de seguimiento, lo cual es una tarea difícil para los robots neumáticos convencionales (Mori et al., 2019).

(Aslam et al., 2019) desarrollo un robot diseñado específicamente para ser un robot lanzador de volantes que se utiliza para entrenar a los jugadores de bádminton. El bádminton como visto en secciones anteriores requiere al menos dos jugadores, haciendo imposible que una persona practique bádminton sin otro jugador o entrenador. Para que una persona entrene de forma independiente, se ha desarrollado este robot lanzador.

La máquina consta de un agarre de volante, un mecanismo de alimentación de volantes, una parte emergente y un trípode. Este robot posee dos ruedas que giran con dos motores de DC de alta velocidad. El agarre del volante incluye un conducto de aire de PVC, que se eleva de forma inclinada para lanzar el volante. El volante será agarrado por las garras del robot, y luego ingresado hacia la parte de lanzamiento. El diámetro de donde sale lanzado el volante es lo suficientemente grande como para almacenar la máxima inercia posible para la propulsión (Aslam et al., 2019).

Un aspecto muy de la máquina es que puede moverse con varios grados de libertad. El diseño de la máquina puede optimizar la velocidad con la que es lanzado el volante y se puede fabricar a

un menor precio comparado con máquinas similares en el mercado.

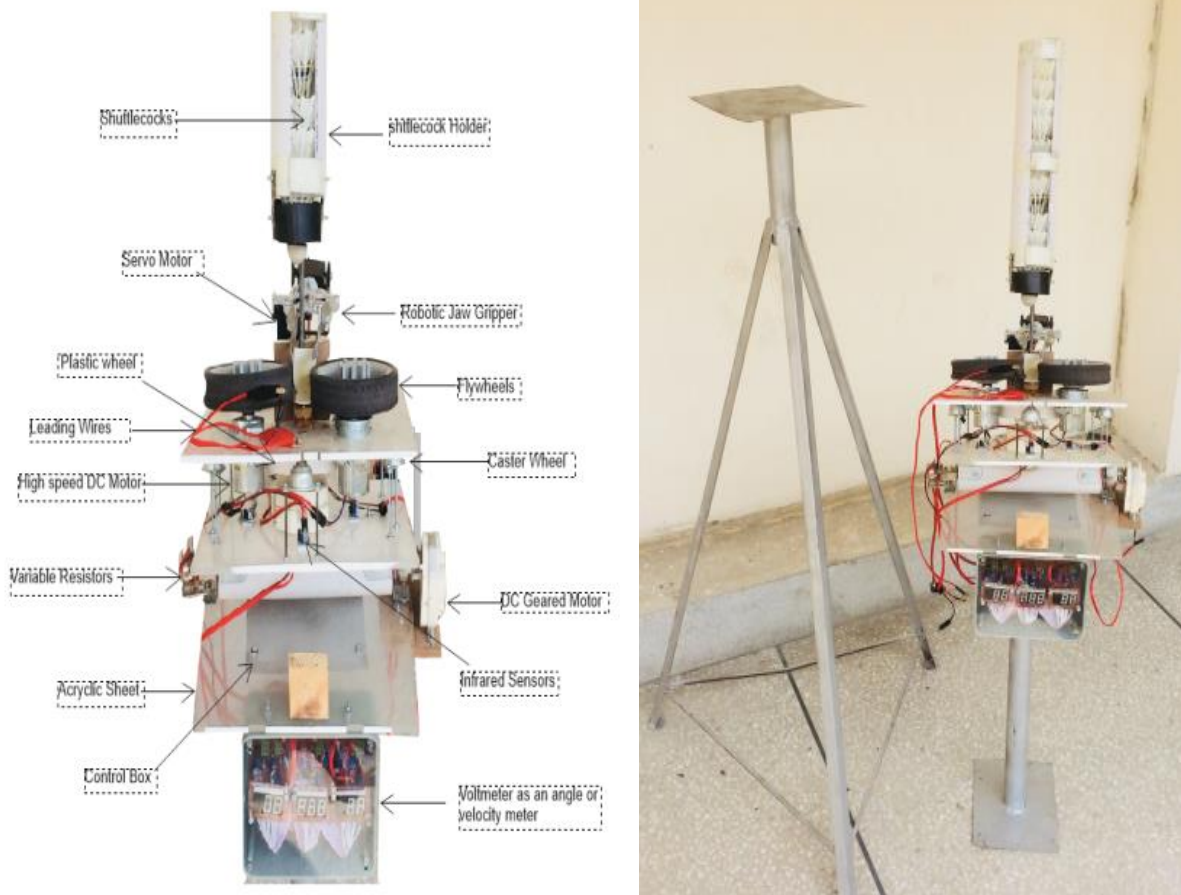


Figura 6. Estructura de robot lanzador

Fuente: (Aslam et al., 2019)

La máquina de lanzamiento de volantes se comprende de 4 mecanismos fundamentales:

- 1) Agarre de volante
- 2) Mecanismo de lanzamiento
- 3) Mecanismo de alimentación
- 4) Soporte para trípode

El mecanismo de lanzamiento utilizado en el robot de lanzamiento de volantes consta de dos

motores DC de alta velocidad, que funcionan como se muestra en la figura superior, que funcionan un voltaje de 12V. Las ruedas de 110 milímetros de diámetro y 20 milímetros de grosor se montan en los ejes de los motores DC. El espacio de 25 milímetros entre ambas redes es para sujetar los volantes. Estos volantes se fijan sobre una placa acrílica de 35 milímetros de longitud, 28 milímetros de espesor y 6 milímetros de alto. El agarre del volante consta de un conducto de PVC que se monta de forma inclinada para colocar volantes con la nariz hacia abajo. El agarre para volantes se utiliza para recuperar volantes y alimentar los volantes a la posición de lanzamiento deseada (Aslam et al., 2019).

El mecanismo de alimentación consta de un sistema tipo mandíbula utilizada para agarrar la nariz del volante y e introducirla en el mecanismo de lanzamiento. Esta mandíbula robótica consta de dos servomotores MG 996R de alto par de parámetros: par de parada de 9,4 kgfcm (4,8 V) con una velocidad de funcionamiento de 0,17 s / 60 (4,8 V) y voltaje de operación de 4.8 V con corriente de funcionamiento 500 mA. Estos servos son controlados por la posición de agarre de la mandíbula robótica y controlar la posición horizontal de la mandíbula (Aslam et al., 2019). Este robot puede totalmente reemplazar totalmente un segundo jugador, o entrenador para realizar un entrenamiento de bádminton. De esta forma se elimina la variable dependiente de tener siempre una segunda persona (capacitada en el deporte) para realizar un entrenamiento, logrando total dependencia para el jugador o atleta a la hora de realizar sus entrenamientos.

3.3.2.2 BALONCESTO

En el baloncesto existe una competición internacional, en la cual participan robots autónomos en un partido de baloncesto, se llama La Competencia de Robótica de Baloncesto y es realizada y patrocinada por la Asociación de Robots Yushan de Taiwán.

Las partes del robot de baloncesto se dividen principalmente en el sistema de control de movimiento inferior, sistema de control informático superior, sistema de visión y sistema de inyección electromagnética. El sistema de inyección electromagnética de estos robots es el

encargado de los lanzamientos o tiros de los proyectiles. Actualmente, la mayor parte de lanzamientos en robots es con la inyección electromagnética. La eyección electromagnética implica el uso de energía electromagnética para empujar el proyectil hacia fuera a través de un sistema de pala. En estos robots se trata de una nueva tecnología de propulsión lineal adecuada para distancias cortas y grandes cargas (X. Li & Zhong, 2019).

El robot se compone principalmente de un controlador en la parte superior que es el encargado de realizar todas sus funciones y tomar decisiones en cuanto a lo que está sucediendo en el juego, un subsistema de visión, un sistema central con una pala, encargado de los lanzamientos y en el suelo un subsistema de control de movimiento. Después de que el controlador superior analiza y procesa la información de lo sucedido en el juego, la señal se envía a al sistema de control de movimiento del suelo, que controla el movimiento y envía señales de comando al sistema de la pala lanzadora. Una vez completado el lanzamiento con la pala, el sistema de control de movimiento del suelo procede a realizar los movimientos necesarios para continuar con el juego (X. Li & Zhong, 2019).

3.3.2.3 FÚTBOL

La automatización también ha llegado a el futbol. Una aplicación de automatización que se encuentra en este deporte es el robot de fútbol humanoide. Este es un robot humanoide totalmente autónomo, que puede tomar decisiones para ejecutar decisiones de acuerdo a su posición y dirección en el campo de fútbol. El sistema de auto posicionamiento es una parte clave del robot de fútbol humanoide, que necesita estimar su posición y dirección en el campo de fútbol basándose en sensores sin sonda (Shi & Tan, 2020).

De acuerdo con las reglas del juego, el robot no puede usar sensores de detección de entorno, por ende, la información del sistema de posicionamiento automático proviene de las decisiones

estratégicas del sistema de movimiento y visión. Debido a la influencia del error de rotación del motor y la resistencia del césped, el robot no puede cumplir con los requisitos de toma de decisiones con respecto al movimiento, por lo que es necesario utilizar la información recibida por el sistema de visión para corregir los errores de postura y posicionamiento del robot (Shi & Tan, 2020).

3.3.2.4 TENIS DE MESA

En el tenis de mesa, o más conocido como ping pong también se le ha visto un lado automatizado, igual que en el bádminton, la automatización llegó a este deporte en el ámbito de entrenamiento. Siendo el tenis de mesa y el bádminton ambos deportes con raqueta, la automatización con robots es bastante similar en estos deportes. El tenis de mesa siendo un deporte que se practica internacionalmente y siendo una actividad que requiere de mucho entrenamiento, se entiende que el aprendizaje completo del tenis de mesa no puede un logro que se consigue de un día hacia otro. Para mejorar la habilidad y técnica en el tenis de mesa, china ha realizado un robot, capaz de entrenar al jugador con igual o mejor intensidad y eficiencia que un entrenador habitual de tenis de mesa.

A medida la popularidad de este deporte ha crecido, los amantes del ping pong han presentado necesidades cada vez más altas de un robot lanzador del tenis de mesa. Actualmente, los lanzadores de tenis de mesa en el mercado son cada vez más difíciles de encontrar, y no todos cumplen con las necesidades del jugador que lo busca. Ante esta necesidad urgente de un robot de entrenamiento de tenis de mesa con inteligencia y diversas funciones, el mercado chino diseñó un robot totalmente inteligente y autónomo que pudiera cumplir todos los requerimientos de los jugadores de ping pong más exigentes del mundo. Este robot tiene las funciones de diversas características de lanzamiento, alto grado de automatización y uso totalmente conveniente para su usuario (Zhao et al., 2020).

Zhao et al (2020) menciona:

El robot Ping-pong AlphaGo es un robot de tenis de mesa especial, su especialidad radica en:

1) Se ha mejorado el transmisor de tenis de mesa existente, de modo que el dispositivo puede realizar varios niveles transmisión de frecuencia variable y una variedad de funciones de transmisión esférica.

2) El modo de lanzamiento multidimensional permite al dispositivo lanzar pelotas de ping pong y puede simular el entrenamiento mejor que los entrenadores profesionales de tenis de mesa. (p.1)



Figura 7. Robot de entrenamiento de tenis de mesa

Fuente: (Zhao et al., 2020)

Para lograr un lanzamiento multidimensional-multidireccional y funciones inteligentes para caminar y desplazarse, siendo capaz de superar el entrenamiento convencional con un entrenador o acompañante que juegue tenis de mesa; el robot se divide en módulo de lanzamiento, módulo de ajuste de ángulo, módulo de movimiento de desplazamiento, módulo de almacenamiento de balones, módulo de recogida y módulo para caminar (Zhao et al., 2020).

Este robot tiene gran variedad de modos de ajuste de ángulo de lanzamiento, múltiples funciones y se puede aplicar a varias escenas de juego, aptas para el entrenamiento de personas de todas edades y niveles, con un amplio mercado. El diseño general de todo el robot es basado en los

humanos, buscando reemplazar por completo el entrenamiento habitual. El equipo tiene funciones completas y puede reducir eficazmente los pasos de operación manual y la intensidad del trabajo; este equipo también tiene una alta aplicabilidad. El robot Ping-pong AlphaGo es un robot de tenis de mesa especial, más completo y con mejores funciones que los robots de tenis de mesa que ya están en el mercado.

3.3.3 MICRONCONTROLADOR PIC

El PIC pertenece a la familia de microcontroladores fabricados por Microchip Technology Inc., el fabricante líder de microcontroladores y semiconductores analógicos. El microcontrolador es esencialmente un microprocesador que está equipado con circuitos de entrada / salida (I / O), lo que permite una interfaz directa con dispositivos del mundo real como interruptores, solenoides neumáticos, motores, sensores y otros dispositivos. El microcontrolador PIC simplifica el diseño de lógica y sistema de control, permitiendo el diseño de comportamientos complejos para ser incrustado en una pieza de instrumentos electrónicos. Mientras tanto, el entendimiento sobre los sistemas integrados es un área de estudio que requiere un enfoque más profundo para cumplir con las necesidades de la industria (Burhan et al., 2016).

El microcontrolador PIC ofrece eficiencia y eficacia, transporta los datos velozmente por lo cual el tiempo de acción es muy corto. Es utilizado en una cantidad de proyectos bastante grande, desde sistemas de seguridad sencillos, hasta robots autónomos e incluso robots que incluyen visión artificial, ya sea en la industria, aviación, medicina, seguridad o deporte.

3.3.3.2 LENGUAJE DE PROGRAMACION C

El avance de la tecnología ha proporcionado a ingenieros y otras profesiones, con una amplia variedad de herramientas para la diseño, automatización y simulación de sistemas complejos. La mayoría de estas herramientas requieren el uso de un lenguaje de programación para explotar todo su potencial, algunos más complejos que otros. Sin embargo, el dominio de un lenguaje de programación tiene una curva de aprendizaje pronunciada (si se toma en cuenta que el estudiante no tiene experiencia), porque de programador principiante, pasar a ser experimentado es una

brecha de conocimientos enormes. Estos lenguajes son muy populares en softwares que se utilizan en varias disciplinas de la ingeniería.

Uno de los más poderosos y populares es el lenguaje de programación C. En particular, el lenguaje de programación C se enseña ampliamente en cursos de introducción a la programación en escuelas de ingeniería en todo el mundo, incluidos sistemas eléctricos, electrónicos, informáticos, ingeniería mecatrónica o incluso mecánica. A pesar de ser un lenguaje introductorio al mundo de la automatización, electrónica y programación en general, es utilizado en diversas áreas de la industria, para poder programar casi cualquier tipo de microcontrolador (Kyfonidis et al., 2017).

El exigente entorno académico en los departamentos de ingeniería, donde los estándares de educación son muy altos, combinado con el hecho de que algunos de los estudiantes pueden no tener ninguna experiencia previa en cuanto a programación se refiere hacen que el aprendizaje del lenguaje en C sea inmensamente desafiante.

Los enfoques de enseñanza tradicionales dan como resultado una tasa de abandono bastante alta y no proporcionan éxito en aprobar ni siquiera a los estudiantes que tienen un profundo conocimiento del idioma, es decir que ya tengan experiencia previa programando, no logran despertar en los estudiantes una comprensión de los conceptos principales de programación e informática en general, lo que dificulta la transferencia de los conocimientos adquiridos a otro lenguaje de programación.

3.3.4 SENSORES

En la mayoría de robots, por no decir todos, incluyen una variedad de componentes muy grande, y entre esos componentes están los sensores, que ayudan al robot a recibir información de su entorno, esta información puede ser utilizada de muchas maneras, ya sea para saber su ubicación actual o para saber hacia donde tiene que ir, para realizar alguna acción en específico dependiendo de ciertos parámetros, o simplemente para detenerse al recibir determinado dato. Se conocerán algunos de los más utilizados en los robots actuales para industria y deporte en

esta sección.

3.3.4.1 SENSOR INFRARROJO

Para que un robot tenga buen movimiento, se tiene que planificar la ruta de antemano y estudiar los obstáculos de la ruta, no es necesario obtener un valor exacto de la distancia. Por lo tanto, el sensor infrarrojo se utiliza para controlar el movimiento del robot. Este tipo de sensor tiene fiabilidad y que se trabe es imposible. Procesa datos de forma simple y rápida, por lo que es adecuado para robots de todos los tamaños (H. Zhou et al., 2017).

Cuando se desea la detección sin contacto o la detección remota debido que necesitamos que el robot sepa de antemano a lo que se enfrenta, los enfoques de detección óptica ofrecen la mayor flexibilidad. Un ejemplo sencillo de teledetección es los termómetros de infrarrojos láser portátiles que utilizan un rayo láser integrado y un fotodiodo para medir la temperatura de forma remota. Aviones comerciales, helicópteros, y los satélites utilizan la teledetección para observar la temperatura del océano y la tierra, monitorear humedad y salud de los cultivos, sobre la composición mineral del suelo, seguimiento de la tubería fugas de gas y determinar la filtración de petróleo en la superficie del océano. Los sensores infrarrojos son muy utilizados, para todo tipo de tareas y aplicaciones por la facilidad que tiene para detectar objetos a distancia.

Los sensores infrarrojos son sensibles a la temperatura ambiente y puede ser necesaria la estabilización de la temperatura (en el sensor) para lograr estabilidad y precisión, especialmente cuando se opera en longitudes de onda más largas. Esto generalmente se logra usando un enfriador termoeléctrico.

Sundareswaran et al., (2016) menciona:

La detección óptica de infrarrojos mediante detectores de fotones generalmente logra la sensibilidad más alta de todos los sensores (normalmente 100 a 1000 veces más sensible que los sensores térmicos IR). Esta característica natural hace que la detección óptica sea

muy útil en aplicaciones como la detección de venenos de baja concentración gases por debajo del nivel de exposición a corto plazo o gas explosivo por debajo del nivel bajo nivel explosivo (pg. 168).

3.3.4.2 SENSOR BLUETOOTH

Según (Bugdol et al., 2017) "El estándar Bluetooth es una comunicación de bajo costo y muy popular, es un protocolo que ofrece una amplia gama de aplicaciones en muchos campos" (pg. 15).

Este tipo de sensor de comunicación inalámbrica es utilizado en incontables áreas. En la robótica por ejemplo es utilizado para controlar pequeños robots o para recibir información que hará que el robot haga algo en específico. Un ejemplo de esto es un pequeño robot capaz de infiltrarse en cualquier lugar, denominado Spy Robot.

El robot está diseñado para ser controlado por una aplicación móvil. Se utiliza la comunicación Bluetooth para interfaz Arduino UNO y Android. Arduino se puede conectar a el módulo Bluetooth a través del protocolo UART. De acuerdo a comandos recibidos de Android el movimiento del robot puede ser revisado. La salida constante de un sistema robótico junto con la calidad y la repetibilidad son incomparables. Este robot es capaz de espiar usando una cámara inalámbrica. Este robot puede ser reprogramable y se pueden intercambiar los componentes (calidad, alcance) para ser utilizado en múltiples aplicaciones. En este robot se puede apreciar el uso del sensor bluetooth HC-05, que puede ser utilizado como esclavo o maestro ya que puede enviar y recibir datos (Singh et al., 2017).

3.3.4.3 SENSOR KINECT

Poder ver y reconocer el mundo que nos rodea llega a los seres humanos naturalmente, ya que gracias a nuestros dos ojos nuestro cerebro puede comprender el entorno circundante y tomar decisiones de acuerdo con lo que ven. La visión por computador funciona en la misma perspectiva

utilizando sensores de visión en sistemas autónomos junto con algunos algoritmos sofisticados para extraer y analizar información útil de imágenes y secuencias de video. La visión por computadora ha sido un interesante campo y está siendo investigado hasta ahora y sus aplicaciones son numerosas, incluida la prevención de colisiones, vehículos autónomos, inspección de calidad industrial, reconocimiento facial, análisis médicos de imágenes, sistemas de vigilancia, etc. Una de las tareas en la visión por computadora es percibir el mundo como lo hace un humano, detectar objetos en el campo de visión del sensor de visión y estimar la distancia desde donde se encuentran esos objetos. Se han utilizado una gran cantidad de técnicas junto con diferentes sensores de visión. para aplicaciones de visión artificial.

La cámara y sensor Kinect fue lanzada por Microsoft Corporation para interactuar con consolas de juegos a principios de 2010 y una de las ideas principales detrás de este diseño era desarrollar un dispositivo con una interfaz didáctica para evitar el control manual de dispositivos (controles remotos, por ejemplo). Este sensor utiliza datos de profundidad para transformar el movimiento del jugador en controles y también tiene la opción de reconocer audio para poder darle comandos hablados. La primera versión fue lanzada con la consola Xbox 360. La segunda versión fue lanzada en 2014 junto con la consola Xbox One y ya que la primera fue un éxito, la segunda versión era mucho mejor en todos los aspectos. La versión 2 del sensor Kinect aparece como un dispositivo de entrada de detección popular que sirve como una aplicación de interfaz de usuario natural para computadoras y consolas de juegos (Xbox one). El sensor Kinect v2 se utiliza en muchos diferentes campos de la tecnología, ya que puede detectar la profundidad, capturar el color imágenes, emiten rayos infrarrojos y audio de entrada que puede ser utilizado para un sinnúmero de tareas y aplicaciones (Eric & Jang, 2017).

La cámara a color es responsable de capturar y transmitir el video en color. El sensor Kinect cuenta con una resolución de 1920 x 1080 píxeles mientras que el sensor de profundidad genera la información de profundidad del objeto o persona que se encuentre enfrente. Mientras tanto el emisor de infrarrojos (cámara y proyector de infrarrojos) permite que el sensor pueda reconocer la luz independientemente.

El nuevo sensor de profundidad para Kinect v2 cuenta con una mayor profundidad, fidelidad y un sensor de sonido significativamente mejorado y al proporcionar visualización en 3D, podemos ver objetos más pequeños y con mayor claridad.

Eric & Jang, (2017) menciona:

La versión Kinect v2 usa el sistema Time-of-Flight, modula la fuente de luz de la cámara con una onda cuadrada usando la detección de fase para medir el tiempo que la luz tarda en viajar desde la fuente de luz al objeto y de regreso al sensor, luego se calcula basándose en la velocidad de la luz en el aire (pg. 532).

Aunque Kinect v2 fue desarrollado principalmente por Microsoft como interfaz para juegos con la consola Xbox One, su sensor de profundidad basado en el principio de tiempo de vuelo lo ha hecho popular en la comunidad científica y los investigadores lo han probado y utilizado en muchos campos. Los autores han probado la capacidad de Kinect v2 para averiguar si podría ser una alternativa a los escáneres láser para mediciones 3D, concluyeron que los resultados se basan en la precisión de la medición y la eficiencia en exteriores y que el sensor Kinect puede verse como un progreso real para las aplicaciones de visión por computadora. Se han realizado otras pruebas para investigar las propiedades de Kinect, incluida la precisión de la profundidad y los resultados en los que Kinect tiene una buena precisión para los objetos que se colocan cerca del sensor. Se pudo notar que hay algunos parámetros que limitan el rendimiento de Kinect, como objetos con material reflectante como espejos y objetos que reflejan la luz. Ese tipo de objetos hacen que la luz IR (infrarroja) emitida por el sensor Kinect sea difícil de reflejar hacia la cámara para medir la profundidad.

La ventaja que se presenta al usar este tipo de sensor (Kinect V2) y no una cámara normal es enorme, ya que obtener coordenadas basadas en una cámara normal que solo brinda información en un plano 2D y no tridimensional es complicado e impreciso.



Figura 8. Arquitectura del sensor Kinect V2.

Fuente: (Eric & Jang, 2017)

En cuanto a un robot de bádminton con el sensor Kinect se refiere, se tiene que tener en cuenta que el campo de visión limitado de Kinect hace que el entrenamiento de bádminton no pueda ser continuo dentro de la vista de cámara del dispositivo de profundidad, por lo que la detección de objetivos se considera un paso esencial, después de eso, para determinar si el objeto está dentro del alcance del dispositivo y si se detecta el volante. En cambio, la detección en tiempo real se utiliza para rastrear el objetivo. El propósito del robot del cual se da ejemplo, es el de golpear el volante cuando esta adentro de su campo de visión que sería dentro de los límites de la cancha de bádminton. Para eso es necesario calcular las coordenadas del lugar de aterrizaje, las coordenadas del plano y el momento para poder golpear el volante a cierta altura, todo eso gracias a los datos recopilados con el sensor Kinect (Xusha et al., 2018).

3.3.5 ACTUADORES

El desarrollo de maquinaria se ha asociado durante mucho tiempo con la necesidad de ampliar las habilidades físicas de los seres humanos con el fin de realizar cada vez más complejos y tareas complicadas.

En robótica, se utilizan principalmente tres grandes familias de actuadores: eléctricos, hidráulicos y actuadores neumáticos. Avances tecnológicos recientes en términos de potencia de masas,

fiabilidad y la flexibilidad han sido posibles gracias a los actuadores. Los actuadores son sistemas cuya función principal es la conversión de energía; es necesario analizar las diversas posibilidades tecnológicas que existen para cada una de estas funciones. La motorización de un actuador incluye el motor en sí, así como el convertidor para poder ser controlado. Los tipos de motores se pueden diferenciar considerando la fuente primaria de energía. Por lo general, se utilizan tres tipos de fuentes de energía: hidráulica, neumática o eléctrica (Femmam, 2017).

Convertir la energía en movimiento es un punto clave de los actuadores (mecánicos energía eléctrica, térmica, química, gravitacional, hidráulica, neumática o energía magnética, etc.). A medida que se han desarrollado actuadores o convertidores de energía, ha aparecido un problema relacionado con el control de estos actuadores. Esto se debe a las preocupaciones por la precisión y el rendimiento. El desarrollo de actuadores ha evolucionado de un simple problema de conversión de energía a una tecnología cada vez más variada, incluidos problemas relacionados con el control, la precisión de sensores, procesamiento de información de sensores y observadores y demás. Los actuadores integrados son los siguientes: conversión de energía, adquisición de información, señal procesamiento, reconstrucción y control de información.

3.3.5.2 ACTUADORES NEUMATICOS

Debido a las ventajas de la gran deflexión de estos actuadores, robustez ambiental, seguridad biológica y flexibilidad en el diseño, a menudo se adoptan actuadores micro neumáticos en nuevos dispositivos MEMS biomédicos y dispositivos micro robóticos. Debido a que los actuadores neumáticos sólidos generalmente sufren de procesos de fabricación complejos y se limita la flexibilidad en el diseño, los actuadores neumáticos suaves atraen más atención. Los actuadores neumáticos de materiales hiperelásticos como PDMS y silicona, se han investigado ampliamente, sin embargo, estos actuadores tienen el inconveniente de un inflado excesivo y una deformación incontrolable debido a la baja Módulo de Young del material. Además, estos materiales no son compatibles con los procesos de micro fabricación, que limita su aplicación en

dispositivos que desean estructuras con múltiples capas. Materiales inelásticos, como nitruro de silicio y el parileno, también se aplican en dispositivos neumáticos. Como un polímero depositable, el parileno se utiliza ampliamente para proporcionar una barrera de película flexible, inerte y biocompatible. Debido al rango elástico bajo y relativamente alto del módulo de parileno, las geometrías plegadas son necesarias para actuadores de gran deflexión, donde fuelles y ondulaciones se utilizan comúnmente (Hu et al., 2019).

Los actuadores neumáticos emplean un gas compresible (aire) y vienen con diferentes tipos como globos, fuelles, músculos y membranas artificiales. Un actuador neumático de un globo flexible y delgado fue propuesto hace algunos años. El agujero del actuador del globo estaba formado por dos películas delgadas y flexibles, combinadas con un pegamento de caucho y silicona. La película superior está hecha de caucho de silicona como membrana y el inferior es una película de poliamida como sustrato. Inyectando la presión de aire en el globo, las curvas del efector final y el actuador son capaces de generar una gran deflexión vertical fuera del plano horizontal de desplazamiento.

Hace algunos años se presentó un micro actuador de un globo neumático basado en una deflexión asimétrica de dos películas PDMS. Estas capas tienen diferentes espesores (o propiedades del material) que se unen entre sí. Usaron una relación de espesor de haz de membrana óptima en el rango de 2 a 3. Diseñaron un actuador manual como efector final de un robot. El actuador estaba hecho de dos membranas PDMS con una diferente proporción de mezcla del polímero base. La capa superior de PDMS es más rígida que la inferior. El desplazamiento fuera del plano del actuador fue observado aplicando la presión de aire en el actuador. Se utilizaron diferentes proporciones de mezcla de capas de PDMS para controlar la dirección de flexión (Fan et al., 2019).

3.3.5.3 MOTOR SIN ESCOBILLAS

El uso de motores DC se ha vuelto común en la industria debido a sus especificaciones destacadas como gran control de velocidad y alta eficiencia. Sin embargo, la presencia del conmutador y

escobillas puede ser considerado como una gran desventaja de tales motores debido a la constante erosión de los componentes mencionados y finalmente pueden conducir a un aumento del riesgo de seguridad y el costo de mantenimiento. Pero este problema se ha resuelto mediante el uso de motores de corriente continua sin escobillas (BLDC). En estos motores, circuitos eléctricos se han aplicado en lugar de conmutador y escobillas (Akkar & Salman, 2020).

Existen una gran variedad de accionamientos de motor sin escobillas. Se considera que el accionamiento sin escobillas consta de cuatro partes principales: un convertidor de potencia, una máquina síncrona de imán permanente, sensores y un algoritmo de control.

El convertidor de energía transforma la energía de la fuente (como la utilidad local o un bus de suministro) a la forma adecuada para impulsar el imán síncrono permanente que, a su vez, convierte la energía eléctrica en energía mecánica. Una de las características más destacadas del motor sin escobillas es el sensor de posición del rotor (o al menos un observador). Basado en la posición del rotor y una señal de comando, que puede ser un comando de par(torque), comando de voltaje, comando de velocidad, etc., el control de los algoritmos determinan la señal de puerta a cada semiconductor en la electrónica de potencia del convertidor (Krause et al., 2009).

La estructura de los algoritmos de control determina el tipo de accionamiento del motor sin escobillas, de los cuales hay dos clases principales: variadores basados en fuente de voltaje y fuente de corriente (o regulados). Se pueden usar variadores basados en fuente de corriente y voltaje con máquinas síncronas de imanes permanentes con formas de onda de FEM (Fuerza Electromotriz) trasera sinusoidales o no sinusoidales. Las máquinas con FEM posterior sinusoidal se pueden controlar como para lograr un par casi constante; sin embargo, las máquinas con respaldo no sinusoidal EMF (Campo Electromagnético) ofrecen tamaños de inversor reducidos y pérdidas reducidas para el mismo nivel de potencia.

El motor de corriente continua sin escobillas (BLDC) se usa ampliamente en tamaños pequeños y medianos de vehículos eléctricos, ya que exhiben una mayor potencia específica y eficiencia térmica en comparación con el motor de inducción. El rotor BLDC de imanes permanentes crea

un flujo magnético constante, que limita la velocidad máxima del motor. A medida que el voltaje de la fuerza electromotriz trasera (FEM) aumenta proporcionalmente con velocidad de rotación del motor y se acerca a la amplitud del voltaje de entrada, la fase la amplitud actual llegará a cero. Al avanzar la corriente de fase, es posible extender la velocidad máxima del motor BLDC más allá de la velocidad máxima nominal. Esto permitirá que el motor BLDC pueda ser utilizado en vehículos eléctricos pequeños (EV) y en aplicaciones más grandes permitirá uso del motor brushless sin el uso de una unidad de transmisión de varias velocidades para operar a alta velocidad (Serikitkankul et al., 2016).

Sin embargo, aumentar la velocidad de BLDC afectará la respuesta de la velocidad del par. El torque de salida disminuirá a medida que aumenta la velocidad. El ajuste del ángulo de fase afectará la velocidad del motor ya que cada bobina se energiza antes que el aumento correspondiente en la FEM trasera de la bobina.

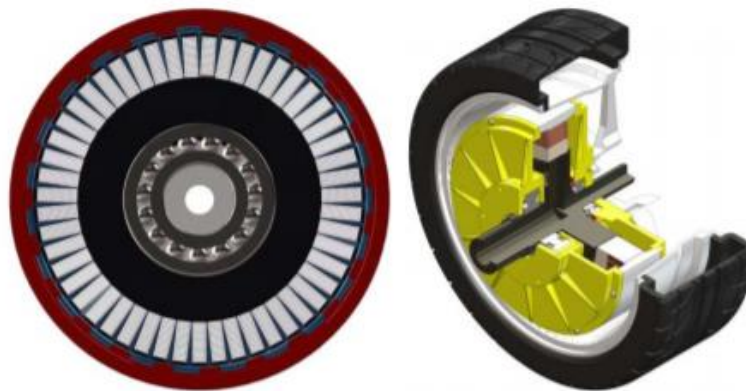


Figura 9. Estructura de un rotor exterior.

Fuente: (Liu, 2019)

3.3.6 MECANISMOS

Dicker et al. (2017) menciona:

La teoría de máquinas y mecanismos es una ciencia aplicada que se utiliza para

comprender las relaciones entre la geometría y los movimientos de las partes de una máquina o mecanismo y las fuerzas que producen estos movimientos. (p.1)

A medida la tecnología ha avanzado, e incluso desde tiempos antiguos, las maquinas han sido parte de nuestro diario vivir. Se utilizan maquinas desde que el comienzo del día hasta llegar a la cama a dormir por la noche. Estas máquinas se utilizan en las escuelas, en el trabajo, en el hogar, es decir en todo momento. Existen maquinas muy sencillas, como maquinas sumamente complejas. Estas herramientas pueden facilitar trabajos, como en el momento de ahorrar tiempo o trabajo como levantar pesas y caminar. Una máquina es una disposición de partes que realizan un trabajo, y es un dispositivo que aplica energía cambiando su dirección. Su propósito y mecanismos son diferentes. En las máquinas, términos como fuerza, par, trabajo y potencia describen conceptos populares (Sclater & Chironis, 2016).

Cuando se habla de máquinas parecen equipos con muchos elementos, complejos e incluso costosos, pero una máquina puede ser algo pequeño como un lápiz mecánico, hasta una retroexcavadora para construcciones. Las máquinas están formadas por diferentes elementos para la transmisión o transformación de energía o para realizar cierta fuerza y movimiento. Estos elementos que componen las maquinas son los mecanismos.

En un mecanismo, aunque puede transmitir potencia o fuerza, la idea principal del diseñador es lograr el movimiento deseado. Existe una analogía directa entre el término "estructura, mecanismo y máquina" y las tres ramas de la mecánica. El término "estructura" se usa para estática, el término "mecanismo" se usa para cinemática y el término "mecánico" se usa para dinámica (Imamovic et al., 2019).

Los engranajes es un ejemplo de mecanismos fundamental. Generalmente se eligen para impulsar trenes largos en máquinas que realizan tareas como alimentar alambre, madera o metal para su posterior procesamiento. Sin embargo, el uso de reductores en línea aumentará la huella de estas máquinas, lo que puede convertirse en un problema en el caso de espacio limitado en la fábrica. Una forma de evitar este problema es elegir un reductor de ángulo recto. Se puede instalar

verticalmente debajo del host o incluso horizontalmente en la plataforma de la máquina. La instalación horizontal puede ahorrar espacio porque el reductor y el motor se pueden colocar detrás de la máquina, lejos del operador (Talpasanu & Talpasanu, 2019).

3.3.6.1 TIPOS DE MECANISMOS

Los mecanismos se pueden clasificar de varias formas diferentes para enfatizar sus similitudes y diferencias. Un grupo divide los mecanismos en categorías planas, esféricas y espaciales. Estos tres grupos tienen mucho en común. Sin embargo, en las características del movimiento de enlaces, se encontraron los criterios de agrupación.

El mecanismo plano es un mecanismo en el que todas las partículas describen curvas planas en el espacio, y todas estas curvas están en planos paralelos; es decir, las trayectorias de todos los puntos son curvas planas paralelas a un solo plano común. Esta función puede indicar la posición de cualquier punto seleccionado en el mecanismo del plano en un solo dibujo o dibujo con su tamaño y forma reales. Cualquier movimiento de este mecanismo se llama coplanar. Los mecanismos de articulación plana de cuatro barras, los seguidores de levas y placas y los mecanismos de deslizamiento de manivela son ejemplos comunes de mecanismos planos (Dicker et al., 2017). La mayoría de los mecanismos que se utilizan hoy en día son planos.

El mecanismo esférico es un mecanismo en el que cada eslabón de la cadena tiene unos puntos que quedan fijos cuando se mueven los eslabones de la cadena, y los puntos de descanso de todos los eslabones de la cadena se ubican en la misma posición; es decir, la trayectoria de cada punto contiene las curvas de la esfera y la esfera definidas por varios puntos seleccionados arbitrariamente son todas concéntricas. Por lo tanto, el movimiento de todas las partículas se puede describir completamente por su proyección radial o "sombra" en la superficie de una esfera con un centro correctamente seleccionado (Dicker et al., 2017). La junta universal de Hooker es quizás el ejemplo más conocido de lo que viene siendo un mecanismo esférico.

Por otro lado, el mecanismo espacial no incluye restricciones sobre el movimiento relativo de las

partículas. Las transiciones de movimiento no son necesariamente coplanares, ni deberían ser concéntricas. El mecanismo espacial puede hacer que las partículas tengan una posición de doble curvatura. Por ejemplo, cualquier biela que contenga un par de pernos es una especie de mecanismo espacial, porque el movimiento relativo dentro de un par de pernos es en espiral (Dicker et al., 2017).

Por lo tanto, la gran mayoría de los mecanismos planos y esféricos son solo casos especiales o subconjuntos de mecanismos espaciales que lo incluyen todo. Estos ocurren debido a la forma geométrica especial del par de ejes en una dirección específica.

Un ejemplo de un mecanismo son los engranajes nivelados, que se utilizan comúnmente en transmisiones en ángulo recto porque pueden proporcionar un movimiento preciso. Los engranajes de forma cónica con dientes de corte recto o en espiral permiten que los ejes acoplados se crucen en ángulos de 90 grados. Los engranajes cónicos de corte recto suelen tener relación de contacto de aproximadamente 1.4, pero el acoplamiento simultáneo de los dientes rectos a lo largo de toda su longitud provoca más vibración y ruido que el acoplamiento de los dientes del engranaje cónico en espiral (Imamovic et al., 2019).

En el diseño y análisis del mecanismo, una de las primeras cuestiones a considerar es el número de grados de libertad, también conocido como la movilidad del equipo. La movilidad de un mecanismo es el número de parámetros de entrada que deben controlarse de forma independiente para mover el dispositivo a una ubicación específica. Ignorando algunas excepciones que se mencionarán más adelante, la movilidad del mecanismo se puede determinar directamente a partir del número de enlaces y del número y tipo de uniones que contiene el enlace (Lemeshko et al., 2019).

3.4 INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Hoy en día, el término "inteligencia artificial" es muy popular y reconocida mundialmente en el mundo de la automatización e ingeniería. Actualmente, inteligencia artificial es una tecnología moderna muy utilizada en grandes industrias. La inteligencia artificial consiste en computadoras

o robots controlados por computadora para realizar tareas asignadas, que generalmente están asociadas con seres inteligentes. Este término se usa generalmente para proyectos en los cuales se desarrollan sistemas que realizan procesos característicos de una persona, como la capacidad de razonar, generalizar o aprender basado en una experiencia.

Según Romanova et al. (2020): "La definición de "inteligencia artificial" se simplifica a conjunto de tecnologías y procesos relacionados, como, por ejemplo, aprendizaje automático, agentes virtuales y sistemas expertos " (p.2).

La inteligencia artificial ya está cambiando nuestra vida diaria, mejorando la salud, seguridad y productividad y ofreciendo infinitas posibilidades de transformación para consumidores, empresas y sociedad en general.

3.4.1 MACHINE LEARNING

El machine learning se definió como un campo de estudio que permite computadoras para aprender sin ser programadas explícitamente. Aunque esta definición es bastante vaga, indica una característica importante del aprendizaje automático: no sigue "reglas" preprogramadas. En general, el machine learning es un proceso automatizado que permite a las máquinas analizar un enorme conjunto de datos, reconocer patrones y aprender de los datos para brindar apoyo para las predicciones y la toma de decisiones (W. Wang & Siau, 2019).

AlphaGo es un programa informático que participa en el juegos de mesa. Go, fue desarrollado por DeepMind Technologies que luego fue adquirido por Google. AlphaGo luego realizo otra versión llamada AlphaGo Zero. El aprendizaje automático, como el que se utiliza en AlphaGo Zero, comienza desde cero con sólo las reglas del juego. Aprendió ajustando acciones, basadas en retroalimentación continua, y AlphaGo Zero logró resultados increíbles siendo probablemente el mejor "jugador" de Go del mundo en el momento en un período de tiempo muy corto, pocos días después de su realizamiento. Descubrió movimientos de Go que no se conocían en los 3.000-4.000 años de historia del juego. El machine learning puede considerarse como la automatización de funciones cognitivas o la automatización del trabajo en el que se requiere cierto conocimiento (Chui et al., 2018).

AlphaGo y los coches autónomos son productos del machine learning, especialmente aprendizaje reforzado. El inconveniente del aprendizaje automático, en este momento, es que el funcionamiento interno de estas máquinas de autoaprendizaje es que se dificulta su comprensión y explicación el proceso de razonamiento y para justificar las recomendaciones (W. Wang & Siau, 2019). Como resultado, confiar en estas máquinas es un poco difícil. Además, el aprendizaje automático que utiliza macrodatos puede ser susceptible a sesgos humanos que son esenciales a los datos (Monett & Lewis, 2018).

3.4.2 NECESIDAD DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El concepto de "Industria 4.0" comenzó a aparecer a medida se fue dando la revolución científica y tecnológica, que se volvió "inteligente". La inteligencia artificial se convertirá en el foco de la dirección de desarrollo el mundo virtual se integrará con el mundo real en la era de la Industria 4.0 (Wei, 2018).

La fabricación en el futuro con esta tecnología logrará una mayor eficiencia de ingeniería, cortando los tiempos de comercialización y mejorando la flexibilidad de producción.

E et al., (2019) menciona:

La industria 4.0, la inteligencia artificial ha ayudado en varios aspectos, algunos beneficios de la Industria 4.0 con la inteligencia artificial son:

- Las fábricas inteligentes tienen procesos de producción automatizados.
- Interacción hombre-máquina, producto y software donde los sistemas interactúan a través de Internet.
- Se integrarán nuevos dispositivos para lograr una automatización totalmente eficiente.
- Redes digitalizadas mejoradas para la recopilación y transferencia de datos.
- La fabricación inteligente se clasifica por acciones preventivas y producción adaptativa (p.2).

Desde la perspectiva del desarrollo mundial, con el advenimiento de la inteligencia artificial, la inteligencia artificial se está desarrollando cada vez más rápido en la llegada de la Industria 4.0. La inteligencia artificial ayudará a acelerar el crecimiento económico. El capital y el trabajo son elementos que impulsan la economía a través de la producción en masa. El capital y el trabajo son variables que determinan el desarrollo de una economía. Introduciendo la inteligencia artificial a industrias emergentes lo convierte en otro factor variable relacionado con el desarrollo del capital y del trabajo, promoviendo el desarrollo económico de forma más eficaz. (E et al., 2019).

Muchas empresas ya han aplicado inteligencia artificial en sus procesos, niveles más altos de implementación pueden generar considerables beneficios laborales y de ingresos. Esta tecnología vendría a facilitar procesos en la producción de masa, logrando realizar procesos con características humanas, que antes no se podían realizar.

Si las las industrias invirtieran en inteligencia artificial al mismo ritmo que las empresas líderes en esta tecnología, podrían aumentar los ingresos en un 38% para dentro de 4 años y crear un aumento del 10% en su cantidad de empleados. Si hablamos de una empresa de tamaño medio con actividad a nivel mundial, la representara un aumento en los ingresos de \$ 7.5 mil millones y un aumento en las ganancias de \$ 880 millones. Los sectores de consumo, salud, telecomunicaciones y retail serían más beneficiados respecto a ingresos; y telecomunicaciones, salud, retail y servicios financieros, en cuanto a generación de empleo (Romanova et al., 2020).

3.4.2.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA INDUSTRIA

Muchas fábricas y sectores de fabricación dependen de la inteligencia artificial, la automatización y el aprendizaje automático para mejorar la producción y el mantenimiento y con ella comprender los datos de proceso de sus máquinas. La inteligencia artificial disminuye o elimina por completo errores de pronóstico de la cadena de suministro. Esta también brinda varios elementos fundamentales en una producción en masa, como es la información del rendimiento del cronograma de producción y disponibilidad mejorada del producto. Esta tecnología brinda una

gestión eficaz del inventario y mejor rendimiento con una mejor inspección de calidad en cada producto (H. Liu, 2020).

La capacidad de analizar niveles de datos que están más allá de la comprensión humana permite a las empresas personalizar experiencias, personalizar productos y servicios e identificar el crecimiento oportunidades con rapidez y precisión, eso nunca ha sido posible antes.

La inteligencia artificial en el comercio minorista está cambiando la forma en que las personas compran y ayuda a la organización a optimización del inventario.

Esta tecnología mejora la logística y la entrega. Las necesidades cambiantes de los consumidores animan a las empresas a implementar la inteligencia artificial y tecnologías machine learning en sus industrias. La inteligencia artificial se extiende a la realidad aumentada, robots y asistentes virtuales que ofrecen productos y servicios proporcionados a los clientes, lo que ayuda a las empresas a enfocarse en clientes de alto valor (E et al., 2019).

Los robots en la industria y los asistentes digitales están comprometidos transformar, mejorar y optimizar lo que viene siendo el servicio dentro de estas empresas.

Empresas cadena de suministro integran el proceso end to end, lo cual implica el proceso en su totalidad, comenzando por la adquisición de materiales a los proveedores y finalizando cuando el producto llega al cliente. Casos de uso de inteligencia artificial en logística y optimización de la cadena de suministro está aumentando. El machine learning descubre patrones en el modelo de cadena de suministro que puede optimizar cualquier negocio. Los algoritmos de machine learning están analizando grandes conjuntos de datos se pueden utilizar para tomar decisiones de planificación más informadas y reducir el gasto en inventario y demás costos operativos, mejorando el rendimiento de la entrega y reduciendo el riesgo del proveedor (Deng & Wang, 2019).

3.4.2.2 INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA ROBÓTICA

La inteligencia artificial juega un papel importante en la automatización y la robótica, cambiado

el método de fabricación en procesos de manufactura. La robótica junto con esta tecnología en los procesos de fabricación mejora el rendimiento de la productividad y reduce la carga de trabajo de los humanos. Los robots detectan y resuelven problemas rápidamente, controlan todo un sistema de producción y toman decisiones muy acertadas a través de la información que reciben. La robótica y la automatización mejoran la productividad, calidad y seguridad en la producción (E et al., 2019).

Aparte de robots con inteligencia artificial para procesos industriales, también existen robots que implementan la inteligencia artificial para necesidades de seres humanos.

3.4.2.3 INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DEPORTE

Introducir dispositivos inteligentes en sistemas deportivos y agregarles componentes inteligentes puede recopilar información sobre la composición corporal de los atletas e indicadores de componentes deportivos y otros datos. También puede realizar un almacenamiento, análisis e intercambio de varios tipos de información deportiva en una biblioteca de recursos de información. No solo se puede utilizar para rastrear la trayectoria de los atletas, sino que también refleja la personalidad y cualidades de deportistas destacados. Por ejemplo, el sistema Sport VU que también se denomina seguimiento del jugador. Originalmente se usó en el campo militar, y ahora se introduce gradualmente en algunos eventos deportivos profesionales. Se utiliza un conjunto de cámaras fijas para rastrear y recopilar datos de los atletas, y luego analizar e identificar en tiempo acorde a los datos de cada juego, y establecer diferentes tácticas (S. Wang, 2020).

3.4.2.3.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL BADMINTON

El análisis del rendimiento deportivo en la práctica deportiva es indispensable. Lo más importante es que el entrenador pueda analizar y mejorar el rendimiento de los atletas a través del entrenamiento o la competición. Debido al avance de la tecnología, se pueden utilizar varios paquetes de software para el análisis simbólico del contenido de video. Luego el entrenador debe

confirmar manualmente la operación antes de realizar un análisis más detallado.

Cuando se utiliza un método basado en la visión artificial para analizar el rendimiento deportivo, el entrenador debe interpretar manualmente el video transmitido e ingresar los movimientos del atleta en el paquete de software uno por uno, y luego realizar un análisis adicional. Para proporcionar a los entrenadores un análisis más efectivo y preciso, el reconocimiento automático de movimiento de la transmisión de video es esencial (Rahmad et al., 2020). Smash como visto en los párrafos anteriores es una de las acciones que realiza el jugador en un partido o juego. Este es un ataque aéreo ofensivo con trayectoria descendente. Es importante que el entrenador analice el desempeño de la acción de smash para mejorar la técnica.

(Rahmad et al., 2020) realizó un estudio utilizando entradas de datos de video que se han extraído en una secuencia de cuadros de imagen. El experimento se realizó en su totalidad en nuestro propio conjunto de datos construido y consta de cinco acciones de bádminton diferentes: despejar, soltar, levantar, lanzar con la red y aplastar.

El estudio muestra que se puede desarrollar un sistema de reconocimiento de acciones automatizado utilizando un enfoque de aprendizaje profundo. Con la cantidad limitada de conjunto de datos, el modelo de GoogleNet previamente entrenado se puede utilizar para reconocer automáticamente la acción de smash de los videos transmitidos obtenidos en línea. En resumen, el reconocimiento automático de acciones mediante el método de aprendizaje profundo de los datos basados en la visión podría beneficiar al entrenador, a los jugadores y a la propia institución deportiva.





Figura 10. Análisis de movimientos de atleta

Fuente : (Rahmad et al., 2020).

Para mejorar la calidad de la enseñanza, obteniendo mejores resultados y excelentes resultados en las competiciones de atletismo, es especialmente importante realizar el análisis de la enseñanza rutinaria de bádminton y las competiciones deportivas.

Otra tecnología que está teniendo reconocimiento en el bádminton es a tecnología de reconocimiento de marcha. Esta tecnología se identifica por las características biológicas únicas del individuo. Con la mejora del rendimiento de la computadora, en el contexto del rápido desarrollo de big data e inteligencia artificial, los datos de video del bádminton se recopilan mediante la implementación de una cámara de alto rendimiento. Recopilando las imágenes del video y sacando el listado de características, se obtienen los datos de marcha del jugador de bádminton. Con los datos de la marcha adquiridos como muestra, se construye un modelo de aprendizaje automático basado en la marcha y se entrena con respecto a los datos de muestra. Finalmente, se identifica automáticamente la información de identificación de los jugadores de bádminton, lo que facilita la comparación y análisis de los datos de movimiento de diferentes atletas (Y. Li & Jiang, 2019).

La tecnología de reconocimiento de la marcha se compone de tecnología biométrica y tecnología de visión por computadora. El proceso de reconocimiento de la marcha incluye principalmente los siguientes pasos: detección de movimiento y captura del cuerpo humano a través de la cámara; procesamiento de la imagen de la marcha, eliminación del ruido de fondo de los objetos en movimiento, extracción del contorno, adquisición de la secuencia de la marcha, etc. El reconocimiento tridimensional y el reconocimiento bidimensional son dos métodos existentes de

reconocimiento de la marcha. El reconocimiento tridimensional de la información de la marcha humana es principalmente una pequeña parte de la imagen obtenida al instalar sensores en las articulaciones humanas. Con base en la información de movimiento, se construye y clasifica por clasificación un modelo de movimiento 3D del cuerpo humano (Y. Li & Jiang, 2019).

La tecnología de reconocimiento 2D consiste prácticamente en el modelo de entrenamiento que se vio en el párrafo anterior, utilizando solamente la cámara.

Metodología

En este capítulo describiremos la metodología de investigación a implementar utilizando la metodología en V, brindando una breve, pero detallada descripción del funcionamiento del sistema del proyecto a realizar y procesos de construcción del robot. De la misma manera resolviendo las incógnitas a en la presente investigación.

Enfoque

En este proyecto, existe un enfoque con un diseño experimental. En este proyecto tomamos como base robots contruidos de manera muy similar, que buscan resolver el mismo problema que el nuestro. Para la realización eficiente de nuestro robot debemos implementar lo que viene siendo la programación y una fabricación minuciosa para garantizar un funcionamiento adecuado y eficiente. Nuestros resultados serán cuantitativos al evaluar el funcionamiento y características de diversos aspectos de nuestro robot.

Variables de Investigación

Las variables definen el objetivo de estudio en la presente investigación. Para la fabricación de nuestro robot definimos cuatro variables independientes y una variable dependiente. En la siguiente figura se muestran las variables.

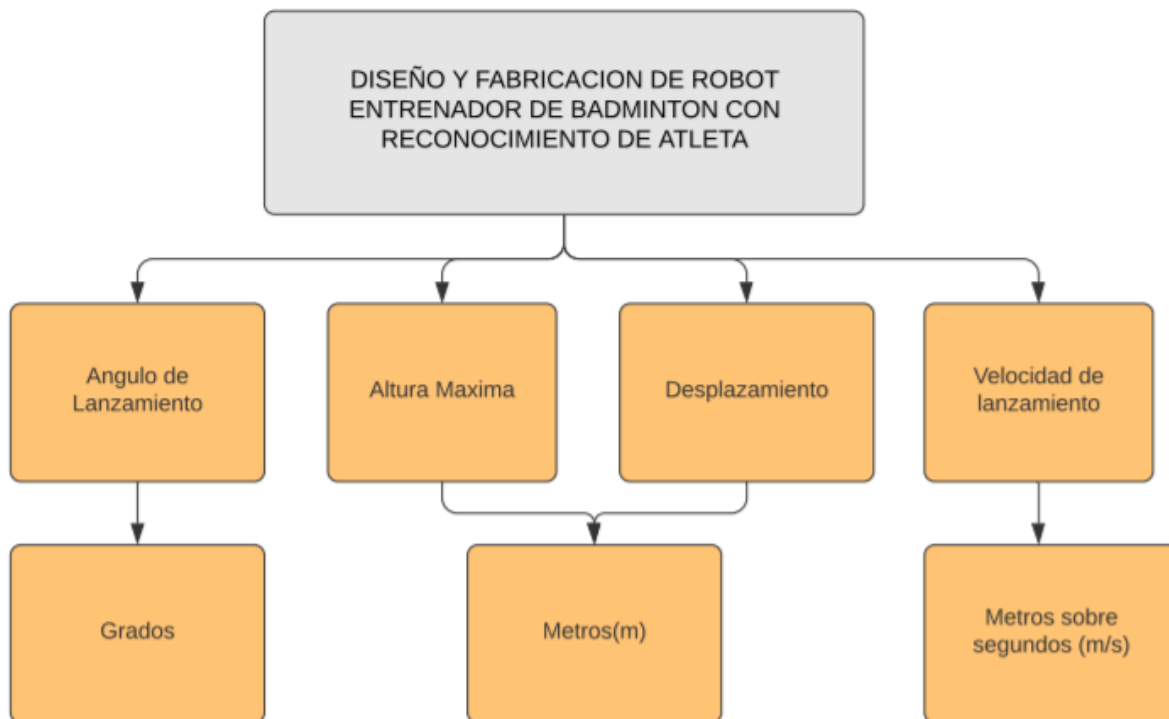


Figura. Variables de la investigación

Fuente: Propia

En la presente investigación y proyecto, definimos como variable dependiente lo factible e eficiente que podría ser un robot con visión artificial controlado por un microcontrolador PIC para realizar entrenamientos autónomos en el bádminton, ya que es el producto deseado en esta investigación. Como variables independientes establecimos cuatro factores que influyen en la eficiencia del proyecto, cada uno en sus áreas de la investigación.

Técnicas e Instrumentos Aplicados

Para llevar a cabo el proyecto necesitaremos recurrir a distintos métodos y herramientas que cuentan con las características ideales para el desarrollo del robot.

Para realizar la estructura del robot requerimos de tubo estructural encima de una base de silla de oficina, para facilitar el movimiento del robot. También se necesita de impresión 3D para

algunas piezas que se fabricaran en ABS y TPU. Cabe mencionar que cada una de las partes, mecanismos y diseños en los cuales se basa el robot a fabricar fueron realizados en el programa de CAM, SolidWorks.

Para la programación de la lógica de funcionamiento utilizaremos el programa MicroC para realizar el código de la lógica de funcionamiento y luego para ingresar el código a nuestro microcontrolador PIC.

1. Tubo Estructural
2. Láminas de acrílico
3. Láminas de hierro
4. Motores Brushless DC
5. Arduino Nano
6. WebCam
7. Plástico PLA
8. PIC18F45K22
9. Ruedas Lanzadoras
10. Motores Stepper
11. Base de Silla Giratoria

Metodología de Estudio

La metodología utilizada en este estudio es el V, que utiliza 6 etapas para implementar y verificar el sistema en el proyecto. En este modelo se definen los procedimientos de gestión de la calidad que lo acompañan. Aquí, descomponemos las tres etapas de nuestro sistema de robot, las cuales son mecánica, control y equipos periféricos.

Ciclo A de la Metodología "V"

Etapas I: Nivel de Sistemas

En este apartado definiremos los sistemas que integran la metodología.

A. Sistema Mecánico

Se necesitará la fabricación de una estructura que soporte el peso de todos los componentes

mecánicos, y sobre todo que sea estable debido a su altura considerable. Tras tomar en cuenta numerosos factores de los cuales depende el eficiente funcionamiento del robot, se establecerá la mejor manera de realización. Estos factores que se tomaron en cuenta son peso de los materiales, costos de los mismos, así como correcto funcionamiento de ellos para la investigación a realizar.

B. Sistema de Control

Se necesitará de un dispositivo que pueda controlar el funcionamiento completo del robot. Incluye el desarrollo de algoritmos de movimiento, que pueden controlar los actuadores en función de las señales recibidas por los comandos del operador. Se hace uso de un microcontrolador PIC 18F45K220 como componente principal de control.

C. Sistema Periférico

Se necesitara de componentes electromecánicos que deberán comunicarse con señales electrónicas al sistema de control. Estos componentes integrarán completamente el proyecto, vinculando así el sistema de control con el mecánico. Adecuadas condiciones de entorno sera necesaria para que el robot funcione correctamente.

Etapa II: Nivel De Subsistemas

En este apartado definiremos los componentes o subsistemas que se pueden identificar del sistema previamente definido.

A. Subsistemas Mecánicos

Los diferentes fragmentos para tomar en consideración para la elaboración de la estructura del robot serían los siguientes:

Estructura

1. Soportes metálicos: se utilizarán tubo estructural previamente evaluados los cuales sean los adecuados para la creación de una estructura resistente y que sea accesible en sus costos.

2. Lámina Metálica: se mecanizarán diversas láminas metálicas para sostener los diferentes elementos a utilizar en el mecanismo.
3. Base de Silla Giratoria: se utilizará una base de silla giratoria con ruedas para facilitar el movimiento del robot a la hora de cambiarlo de lugar.

Sistema de Lanzamiento

1. Motores Brushless: Estarán acoplados en el eje de una llanta y el lanzamiento será posible gracias a la relación presión/velocidad.
2. Motores Stepper: se utilizarán motores stepper de los cuales uno estará encargado de jalar el volante a la recámara y el otro de llevarlo a su destino.
3. Llantas: Estas llantas serán impresas en 3D en plástico PLA.
4. Tubo PVC: se utilizara como recámara de almacenamiento del volante.

Sistema de Cuello del Robot

1. Motor Stepper: Se utilizará dependiendo de los datos recibidos por el sistema de visión, el motor stepper responsable de mover el "cuello" del robot girara en la dirección a la que será lanzado el volante.
2. Sistema de Transmisión de Potencia: Se diseñó un sistema de transmisión de potencia por engranajes para el sistema del cuello del robot.

B. Subsistema de Control

Consta de cinco placas electrónicas que contiene los componentes requeridos para su funcionamiento y un microcontrolador, que contiene la programación necesaria para controlar el sistema para realizar las operaciones requeridas.

C. Subsistemas Periféricos

Está conformado por componentes eléctricos y electromecánicos.

1. Cámaras de Visión: Se integran con el fin de reconocer el jugador y el volante, de esta forma optimizando el funcionamiento del robot y el entrenamiento a realizar.

Etapa III: Realización de Partes

A. Partes Mecánicas

Se realizó una investigación para evaluar los materiales que componen la estructura del housing del robot. Estos incluyen perfiles metálicos y paneles acrílicos necesarios para soportar cargas considerables.

B. Partes del Dominio de Control

Se realizaron pruebas experimentales utilizando previamente una placa de prototipaje para nuestra PIC18F45K22 antes de realizar la placa electrónica final.

C. Periféricos

Se realizaron pruebas experimentales de las señales enviadas por los dispositivos electromecánicos de forma que accionaran de forma correcta los actuadores. Se realizaron pruebas en Python del sistema de visión artificial

Etapa IV: Integración de Partes

A. Integración de Partes Mecánicas

Luego de integrar todas las partes mecánicas, se realizó un estudio para evaluar la carga de diferentes partes de la estructura para evaluar los resultados y posibles riesgos. Láminas metálicas, láminas de acrílico, tubos estructurales, acoples, base de silla giratoria y ruedas están todos conectados a la estructura.

B. Integración del Dominio de Control

Se diseñó un programa que genera las señales y comandos necesarias para que cada uno de las partes electromecánicas y actuadores del robot sean accionadas de la manera deseada.

C. Integración de los Periféricos

El sistema de visión y los actuadores están integrados para verificar el correcto funcionamiento en conjunto, para ello se requieren suficientes conexiones eléctricas debiendo realizarse estas conexiones bajo los parámetros y tensiones definidas para cada parte de nuestro sistema.

Etapa V: Integración de los Subsistemas

1. Base metálica: comprobada la resistencia del perfil metálico para soportar el peso de la estructura.
2. Lamina de hierro: Se evaluó la durabilidad y que nuestro motor stepper pudiera resistir el peso de esta lamina aun con el mecanismo de lanzamiento.
3. Impresiones 3D en PLA: Se verifico que las piezas a imprimir fueran del material adecuado y funcionaran funcionando correctamente con el mecanismo.
4. Mecanismo de Lanzamiento: se evaluó el uso los componentes para lograr el lanzamiento del volante con eficiencia.
5. Cámaras de Visión: se incorporó el uso una cámara webcam para recibir información de visión artificial y accionar los componentes.
6. Llantas: se verifico el tamaño y posicionamiento de las llantas para un mejor agarre y lanzamiento del volante.
7. Acoples: se verifico que dichos componentes estuvieran debidamente posicionados para permitir movimientos adecuados dentro del actuador.
8. Motores Brushless: Se verifico que cumplieran con los requerimientos de torque necesarios, para generar una velocidad lineal adecuada para un lanzamiento firme del volante.
9. PIC: Se utilizó este microcontrolador en nuestra placa para el sistema de control, misma que contiene todo el programa para controlar lo que viene siendo el robot.

Etapa VI: Integración de Sistemas

A. Sistema Mecánico

Se integró una estructura en el sistema mecánico, que dará soporte a todos los componentes del robot de entrenamiento. Se evaluó la movilidad y función del robot y todas sus partes después del acoplamiento.

B. Sistema de Control

Se desarrolló un programa en lenguaje C para manejar el movimiento del robot en función de las señales que le sean recibidas por un sistema de visión artificial.

C. Sistema Periférico

Se integraron dispositivos periféricos que proporcionen información del atleta y actuadores instalados en la estructura, que realizan su función a partir de la información recibida.

Resultado del Prototipo: Final del Ciclo A

Se realizó un prototipo básico que consta de todos los sistemas y subsistemas para crear un sistema de robot de entrenamiento de bádminton. Luego de estudiar y observar los diferentes mecanismos, se pueden realizar cambios relevantes para lograr un mejor funcionamiento del producto final. Al mismo tiempo, se notó que, al integrar el sistema de visión, se podrían mejorar las funciones básicas de este robot.

Ciclo B de la Metodología "V"

Etapas I: Nivel de Sistemas

A. Sistema Mecánico

Se evaluó que se pueden hacer mejoras a la estructura, para realizar un mejor balance y que la misma permanezca firme, lo cual es un reto debido a su altura. La resistencia de los materiales se evaluó y permanece sin cambios.

B. Sistema de Control

Se requirió de una serie de programación más complejas para que el robot pueda moverse con mayor precisión y responder de manera efectiva al sistema de visión inteligente.

C. Sistema Periférico

Se requirió de la incorporación cámaras de visión que permitan recopilar más información del entorno y del atleta para un mejor control de los actuadores.

Etapas II: Nivel de Subsistemas

A. Subsistemas Mecánicos

a) Estructura

Se evaluaron los diferentes elementos a utilizar y estos elementos se retuvieron de la misma forma, ya que resultó que eran óptimos para la fabricación del sistema mecánico descrito.

b) Lanzamiento

1. Motores Brushless: Se evaluó que estos motores tienen el torque requerido para el lanzamiento y funcionan de manera correcta con PWM.
2. Tubo PVC: Se verificó que el volante pudiera ser lanzado de manera correcta a través de este tubo.
3. Llantas: Se incorporaron llantas prefabricadas que son más accesibles y reducción de costos.
4. Acoples: estos permanecieron sin cambios.

B. Subsistemas de Control

Está conformado por módulos de alimentación, convertidor serial, modulo bluetooth. Para que el movimiento del robot sea más preciso, se considerarán nuevos comandos en la programación, que proporcionarán más información sobre la posición del atleta y el entorno del robot.

C. Subsistemas Periféricos

Cámaras de Visión: Una realiza la labor de detectar la presencia del atleta frente al robot con el fin de brindar información de su posicionamiento al sistema de control, de esta forma el motor stepper girará hacia donde no hay presencia del atleta para que el entrenamiento sea más difícil y eficiente.

Etapa III: Realización de Partes

A. Partes Mecánicas

Se realizó una nueva investigación y evaluación del movimiento del robot mediante la combinación de varios sistemas para lograr el mejor movimiento y encontrar el costo asequible de fabricación de la estructura.

B. Partes del Dominio de Control

Se realizaron nuevas pruebas experimentales de los componentes electrónicos, haciendo uso del simulador integrado en el software, con el fin de evaluar el funcionamiento de los componentes en el proceso de control.

C. Periféricos

Se realizaron nuevas pruebas experimentales en el sistema de visión, haciendo uso del simulador, con el fin de evaluar el correcto funcionamiento de la misma junto con el sistema mecánico.

Etapa IV: Integración de Partes

A. Partes mecánicas

Mediante la integración de piezas mecánicas, se realizaron nuevamente estudios de deformación en diferentes piezas para evaluar el nuevo mecanismo.

B. Integración del Dominio de Control

Se diseñó un conjunto de nuevas funciones que generan las señales necesarias para que el robot pueda moverse en respuesta a nuevas variables.

C. Integración de los Periféricos

Se integraron las cámaras a utilizarse para validar el correcto funcionamiento en conjunto con los periféricos previamente integrados, para esto se requirió de un algoritmo de reconocimiento de humanos para poder reconocer al atleta y enviar información a los demás componentes del robot.

Etapa V: Integración de los Subsistemas

1. Base metálica: Se hicieron los cambios pertinentes para lograr acoplar los diferentes elementos que se tomaron en consideración.
2. Lámina Metálica: Se cambió por una lámina metálica más gruesa, para poder soportar el peso del mecanismo de lanzamiento.
3. Impresiones 3D: Se verifico su permanencia similar.
4. Mecanizado de lanzamiento: No vieron cambios.
5. Motores Stepper: Se mejoró la forma en la que mueve el volante a través del mecanismo de lanzamiento.
6. Llantas: Se verifico su permanencia similar.
7. Acoples: No vieron cambios.
8. Motores Brushless: No vieron cambios.
9. Cámara de Visión: Se integraron para que pudieran reconocer el atleta y brindar información del entorno para accionar los actuadores.
10. PIC: Se incorporó a la placa electrónica final con cada uno de los componentes necesarios para su correcto funcionamiento.

Etapa VI: Integración de Sistemas

A. Sistema Mecánico

Se integró una estructura mejorada con una base de silla giratoria metálica que se puede mover fácilmente por el suelo y una estructura que pueda acoplar e integrar variaciones de diferentes partes mecánicas. Se evaluó su funcionamiento y su movilidad en varios sistemas.

A. Sistema de Control

Se desarrolló un conjunto de algoritmos en lenguaje C en un microcontrolador PIC que pueda gestionar el movimiento del robot en base a las señales proporcionadas el sistema de visión artificial.

B. Sistema Periférico

Se incorporó un sistema de visión artificial para reconocer el atleta. Este sistema de visión determinara el funcionamiento de los demás actuadores.

Análisis de Riesgos Mecánicos

La estructura está hecha de materiales muy resistentes, pero debido a su altura podría perder estabilidad en un caso se dé un movimiento brusco no esperado, esto puede dañar el mecanismo y hacer que el mecanismo pierda protección.

Análisis de Riesgos de Control

Existe el riesgo de que el dispositivo de control se sobrecaliente, o también se vea afectado por las vibraciones mecánicas generadas por el movimiento del robot. Al mismo tiempo, se pueden considerar fallas en el microcontrolador PIC, haciendo imposible un funcionamiento correcto del robot.

Análisis de Riesgos en Periféricos

Los periféricos al ser componentes electromecánicos y debido a su fragilidad, podrían verse dañados en un caso recibieran un golpe o si la estructura perdiera balance y se caiga.

Resultado del Producto: Final del Ciclo B

Se obtuvo un producto completamente funcional, integrando los tres sistemas definidos

Metodología de Validación

Una vez finalizada la fabricación y programación del proyecto, se llevará a cabo la correspondiente evaluación y verificación para aplicar las pruebas correspondientes.

Análisis y Resultados

Este capítulo describe el análisis y los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto y la aplicación de métodos de investigación. Este proceso implica varias pruebas en todos los sistemas involucrados.

1.1 Análisis De Sustento De Marco Teórico

En el marco teórico se mencionaron los motores stepper y motores brushless como posibles actuadores para el proyecto de realización de un robot que acompaña esta investigación. En la siguiente figura se muestra el diseño del mecanismo para el robot que se pretende realizar, se puede apreciar que el robot cuenta con un tubo donde el volante será lanzado, el cual necesitaría pasar por numeros mecanimos como motores stepper, motores brushless y motores stepper.

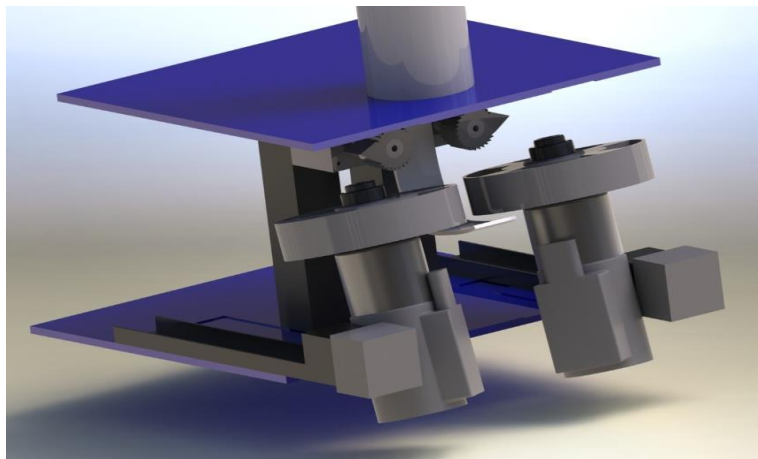


Figura 1. Renderizado de actuador de lanzamiento y agarre de robot

Fuente: Propia

Para el funcionamiento de nuestro robot, se emplearán un motor stepper en el cuello con un mecanismo de transmisión de potencia, que accionara con la información que recibe del sistema

de visión. Para el lanzamiento del volante se emplearán dos ruedas que girarán debido a dos motores brushless, estas mismas lanzando el volante con fuerza suficiente. El volante ingresará al mecanismo de lanzamiento a través de dos motores stepper, que permitirán que entre a la cámara de lanzamiento,

Por otro lado, es necesario mencionar, que nuestro robot tendrá un sistema de visión artificial, en la que va reconocer al jugador y de esta forma para aumentar la dificultad, el cuello del robot girará con un motor stepper a donde no esté el jugador previamente detectado con el sistema de visión.

Este diseño de máquina optimiza la velocidad de lanzar un volante y se puede fabricar a un precio reducido costo en comparación con las máquinas similares disponibles en el mercado. (Aslam et al., 2019). Debido al alto precio que tienen estas máquinas, decidimos investigar la forma de realizarlas a un precio más accesible y pudiendo optimizar su funcionamiento a través de la visión artificial. Tras estudiar las diferentes tecnologías de fabricación, software, cinemática y control del robot, será posible obtener una gama de diseños para deportistas que quieran realizar un entrenamiento de bádminon autónomo y eficaz. De esta forma, la implementación de robots y sistemas de visión estará disponible para deportistas de todo el mundo.

Por lo consiguiente, se hacen evaluaciones de los diferentes métodos de elaboración de estructuración de un robot. (Aslam et al., 2019) nos brinda un esquema mecánico de diseño muy similar al de nosotros. Su diseño mecánico de su máquina de propulsión de volantes consta de 4 mecanismos:

- Mecanismo de Agarre de volante
- Mecanismo de lanzamiento
- Soporte para trípode

Utilizando estos mecanismos pudimos recrear un sistema de lanzamiento aún más eficaz, luego de integrar la visión artificial. Nuestro prototipo consta de un mecanismo de agarre de volante, manejado por motores stepper, mecanismo de lanzamiento con ruedas shooting wheels conectadas a motores sin escobillas, un mecanismo tipo "cuello" para girar el sistema de

lanzamiento, un soporte tipo silla de oficina para mantener estabilidad en el robot, y un sistema de visión que se compone por una webcam 1080p.

Análisis y Resultados De Metodología en "V"

1.1.1 Ciclo A de la Metodología "V"

Etapa I: Nivel de Sistemas

D. Sistema Mecánico

Se definió la utilización de dos materiales para el análisis de construcción de la estructura del chasis. Se decidió analizar la estructura elaborada Aslam (2019) pero utilizando un diseño más alto, con materiales que volvieran funcional nuestro diseño, al mismo tiempo siendo accesibles en el entorno del país, Honduras. Dichos materiales fueron tubo estructural, y láminas de hierro. Estos materiales fueron con elegidos debido a sus propiedades físicas y facilidad de producción, y costo accesible.

E. Sistema de Control

Se definió un sistema basado en un microcontrolador PIC18F45K22, este ejecutará algoritmos que dará ordenes de movimiento al robot en función de algoritmos declarados y las señales recibidas de los sistemas periféricos. El grado de confiabilidad que brinda un este microcontrolador es alto siempre y cuando sea utilizado en las condiciones adecuadas, ya que estos se aplican en distintos tipos de robots autónomos o automatizados.

F. Sistema Periférico

Se definió un sistema compuesto por múltiples componentes electromecánicos que permiten el funcionamiento íntegro del robot. Estos componentes integrarán completamente el proyecto, vinculando así el sistema de control con el mecánico.

1.1.1.1 Etapa II: Nivel De Subsistemas

Analizaremos los subsistemas que componen el proyecto, siguiendo la línea de los sistemas definidos anteriormente, y los resultados de su implementación e integración.

G. Subsistemas Mecánicos

1. Estructura: Esta estructura será obtenida por la soldadura entre 4 piezas de tubo estructural en cada esquina de 2 láminas de hierro, una en la parte superior y la otra en la

parte inferior. Debajo de la lámina inferior estará atornillada una base de silla giratoria, para un soporte balanceado.

2. Sistema de Lanzamiento: Sobre la lámina en la parte superior estarán la mayor parte de componentes, es decir el mecanismo de lanzamiento conformado por varios tubos estructurales, 2 motores stepper, 2 motores brushless acoplados en ejes de llantas impresas en 3D.
3. Subsistema Cuello de Robot: Integran un sistema de transmisión de potencia y un motor stepper. Permite el giro del mecanismo de lanzamiento, de esta forma lanzando el volante a los cuadrantes donde no está el atleta; información recibida por el sistema de visión.

H. Subsistema de Control

Dentro de los subsistemas de control identificamos dos principales para el ciclo A.

1. Subsistema físico de Placas Electrónicas: Se realizó de 5 placas electrónicas. 3 placas son idénticas que llevan los drivers para los motores stepper 1 placa para el microprocesador, y 1 placa de alimentación para los y motores stepper.
2. Subsistema de Programación en Lenguaje C: Se hace uso de funciones de programación en lenguaje c para desarrollar algoritmos de funcionamiento que controla cada uno de los componentes para que en conjunto realicen las funciones necesarias. Se desarrolla el programa haciendo uso del programa MikroC.

I. Subsistemas Periféricos

Dentro del sistema periférico en el ciclo A, podemos definir los siguientes subsistemas:

1. Subsistema Visión: Integra como componente de visión, una cámara webcam para detectar al atleta. Se integra con el fin de optimizar el entrenamiento a través de una recopilación de datos en tiempo real.
2. Sistema de Comunicación: Integra el subsistema de Visión con el Subsistema de programación en Lenguaje C. Este se logra a través de un Arduino Nano y un PIC18F45K22,

1.1.1.2 Etapa III: Realización de Partes

J. Partes Mecánicas

El elemento básico del robot de entrenamiento deportivo refinado es la estructura del chasis, que

está hecho de materiales pesados para mantener la estabilidad y tener una excelente durabilidad. El chasis de este robot es la pieza fundamental, ya que es donde estará todo el balance del mismo y donde se montarán todos distintos componentes para cada uno de los sistemas involucrados y los elementos de control. Elementos que se tienen que tomar en consideración para la búsqueda del material correcto son la disponibilidad, el costo, el peso, así como la durabilidad del mismo. Después de realizar la investigación de campo, será posible elegir dos materiales para lograr el mejor estado para este propósito.

Se realizó un diseño de estructura en el programa SOLIDWORDS, donde utilizando 4 piezas de tubo estructural y láminas de hierro en las partes superior y una lámina de acrílico en la base inferior, se logró diseñar un chasis totalmente funcional. Como base de la estructura se utilizó una base de silla giratoria, la cual le dará el balance y altura a nuestro chasis.

Se hicieron estudios de esfuerzo con el programa de SOLIDWORKS SimulationXpress en varias láminas de la estructura. Para la lámina de la base se hicieron pruebas en hierro y también en acrílico. Se realizaron las pruebas con dichos materiales a disposición de venta, con costos accesibles y todos utilizados como materiales de construcción. La mayor parte de las láminas en la estructura del robot fueron realizadas en hierro, sin embargo, por disposición de acrílico, y la poca resistencia a la que se someterá esta lamina, se decidió utilizar acrílico.

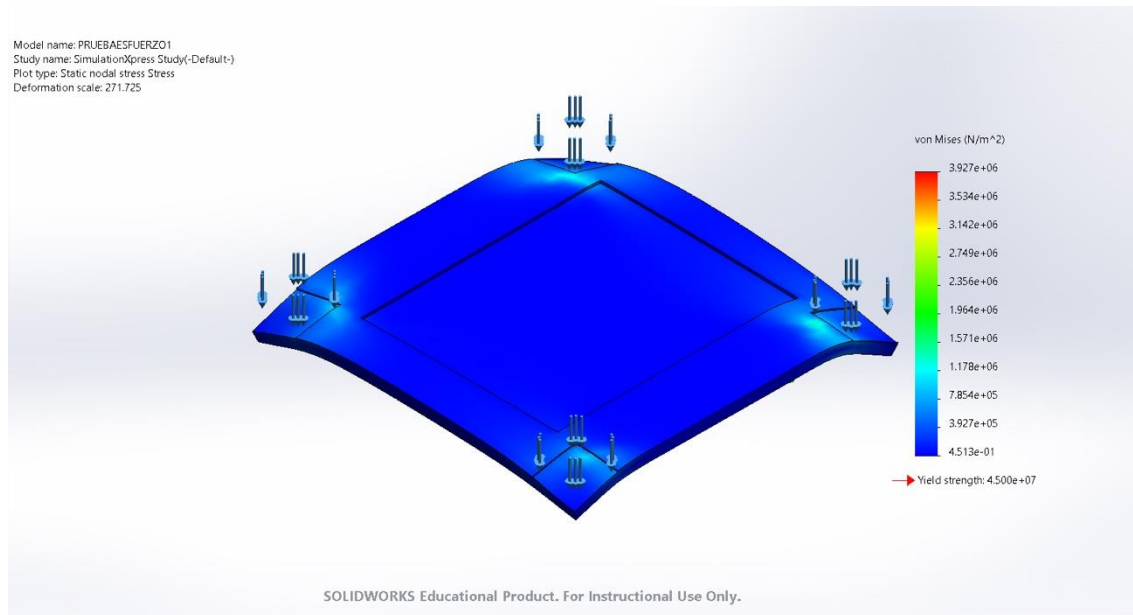


Figura 1. Prueba de esfuerzo: Acrílico

Fuente: Propia

Se hizo otra prueba de esfuerzo en primera instancia asumiendo que todas las láminas en el robot estarían hechas de hierro. Este material es muy utilizado y que es un material muy fácil de adquirir en el mercado. Como dicho anteriormente, se realizaron los estudios debidos en hierro, pero debido a que no se requiere mucho esfuerzo en esta lamina y que ya se poseía láminas de acrílico, se decidió implementar acrílico solamente en esta lamina de base.

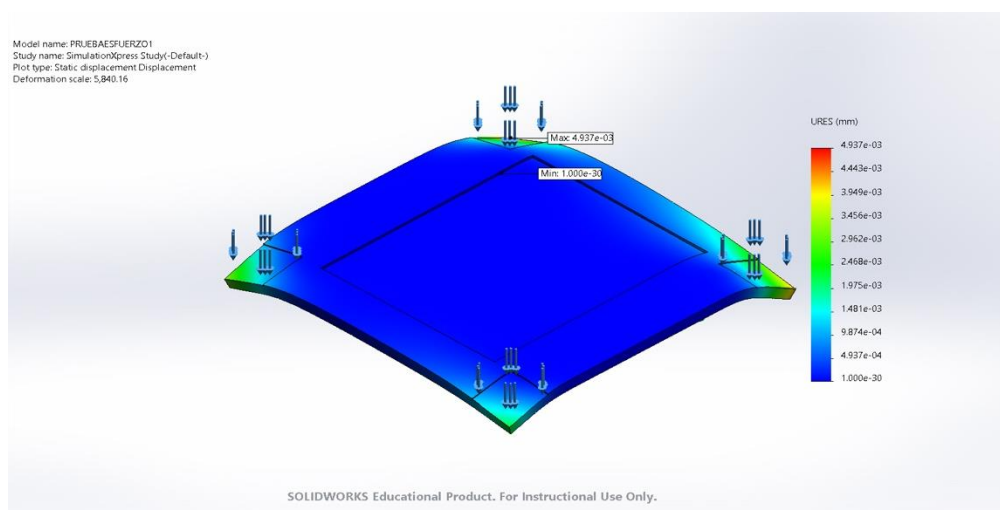


Figura 2. Prueba de Esfuerzos: Hierro

Fuente: Propia

Posteriormente se realizaron todas las pruebas con el programa de SOLIDWORKS SimulationXpress, para la lámina que soporta el mecanismo de lanzamiento. Para la lámina que soporta el mecanismo de lanzamiento se hicieron pruebas en hierro y también en acrílico. Se realizaron las pruebas con dichos materiales a disposición de venta, con costos accesibles y todos utilizados como materiales de construcción.

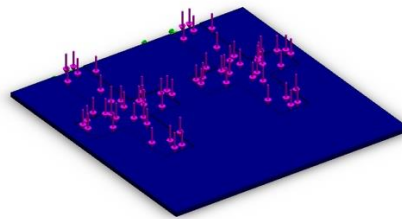


Figura 4. Prueba de Esfuerzos: Acrílico

Fuente: Propia

En esta prueba de SOLIDWORKS SimulationXpress la cual no resulto muy eficiente, se analizó que una lámina de acrílico podría soportar el peso de todos los componentes que integran el actuador de lanzamiento, pero que a medida pase el tiempo con el uso, se podría fisurar completamente, causando averías en el robot. El acrílico no es un material muy resistente y muy fuerte por lo que no podría alcanzar a resistir con solvencia el peso del actuador del lanzamiento, este confirmo que este material no podrá cumplir con las exigencias que se requieren para esta lamina. En el reporte, luego de dichos estudios, se estableció que el chasis fabricado con este material estaría pesando un aproximado de 0.58 kilogramos lo que equivale a 1.2 libras.

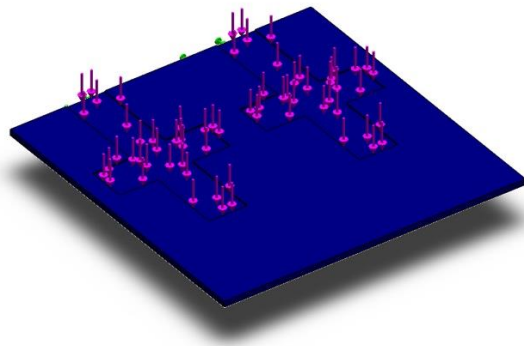


Figura 5. Prueba de Esfuerzos: Hierro

Fuente: Propia

En esta prueba de SOLIDWORKS SimulationXpress la cual resulto con muchos beneficios, se confirmo que una lámina de hierro soportara de forma totalmente exitosa el peso de todos los componentes que integran el actuador de lanzamiento. El hierro siendo un material muy resistente y muy fuerte por lo que alcanza a resistir grandes fuerzas que actúan sobre él, confirmo que sería un material que se acomoda a todas las necesidades para la función que se busca en esta lamina. En el reporte, luego de dichos estudios, se estableció que el chasis fabricado con este material estaría pesando un aproximado de 3.48 kilogramos lo que equivale a 7.67 libras.

Tras analizar los dos resultados de la elaboración de la lámina que soportara el mecanismo de lanzamiento de la estructura con los materiales de acrílico y hierro, se confirmo que el material más óptimo sería el segundo. Esto debido a que el hierro tiene una buena resistencia a la fuerza, tiene un buen grado de durabilidad, y muy accesible a la hora de obtenerlo.

K. Partes del Dominio de Control

Para el dominio de control fue necesario realizar lo siguiente:

1. Acondicionamiento de Señales: Dentro del procesamiento interno del microcontrolador PIC1845K22, se ingresa un conjunto de algoritmos que permiten el correcto

funcionamiento de todos los componentes periféricos en conjunto con las piezas para realizar cada una de las funciones del robot.

2. Placas Electrónicas: Se realizan placas electrónicas de PCB diseñadas como sistema de control, donde ira el microcontrolador con un conjunto de otros componentes. También se realizaron placas para los componentes electromecánicos, que controlaran estos componentes a través de relevadores.

L. Periféricos

Para el ciclo A, fue necesaria la elaboración de dos elementos principales dentro de los periféricos.

1. Cámara de Visión: Siendo la visión artificial uno de los funcionamientos principales del robot, se integra una cámara de visión webcam, que a través del lenguaje Python, sigue un algoritmo de reconocimiento de humanos, que a través del sistema de control, accionara el sistema de cuello del robot, para cambiar la dirección en la que realizara lanzamientos el robot.



Figura 6. Cámara Utilizada en Sistema de Visión

Fuente: Amazon.com

1.1.1.3 Etapa IV: Integración de Partes

M. Integración de Partes Mecánicas

Se tomó como referencia el diseño de los mecanismos y actuadores elaborado por Asalam (2019), pero en el chasis se hicieron unas diferencias. Se tomaron en cuenta varios elementos, más que

todo el factor económico para la realización del chasis del robot. Uno de los elementos fue la decisión del material a utilizar que se probó con el programa de SOLIDWORKS SimulationXpress para verificar el peso de la estructura, así como investigación de campo para verificar la accesibilidad del material. De esta forma se decidió realizar el housing de tubo estructural de hierro, para alcanzar la altura deseada, es decir la altura del net con la que se juega el deporte.



Figura 8. Renderizado Housing Inicial

Fuente: Propia

Se puede notar como se integró el tubo estructural en cada esquina de las láminas que se analizaron anteriormente. La lamina inferior está compuesta de acrílico, y la lámina superior está integrada de hierro, para lograr soportar el peso del actuador de lanzamiento.

Tras la realización de numerosos estudios en SOLIDWORKS, se logró definir los materiales a utilizar en la estructura, cumpliendo con las necesidades de fuerza y acomodándose a un presupuesto accesible.

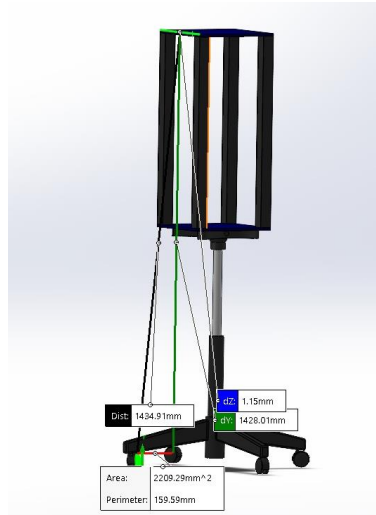


Figura 9. Estructura del Housing Modificada

Fuente: Propia

En la figura 9 se pueden notar los cambios que se le hicieron al housing inicial, eliminado el dispositivo de visión, debido a cambios que se realizaron en los sistemas periféricos, pero manteniendo los mismos materiales para realizar una estructura muy similar. Posteriormente se realizó la estructura física, utilizando el diseño anteriormente realizado en el programa CAD SOLIDWORKS.



Figura 10. Renderizado Housing de Robot

Fuente: Propia

Luego de realizar los diseños en el programa SOLIDWORDS de lo que sería la estructura para el robot, y realizarse cada uno de los respectivos estudios de esfuerzo y deformación en con SOLIDWORKS SimulationXpress, se realizó la estructura en físico para el robot, optando siempre con láminas de hierro, tubo estructural de hierro, una lámina de acrílico en la base de la estructura y una base de silla giratoria.

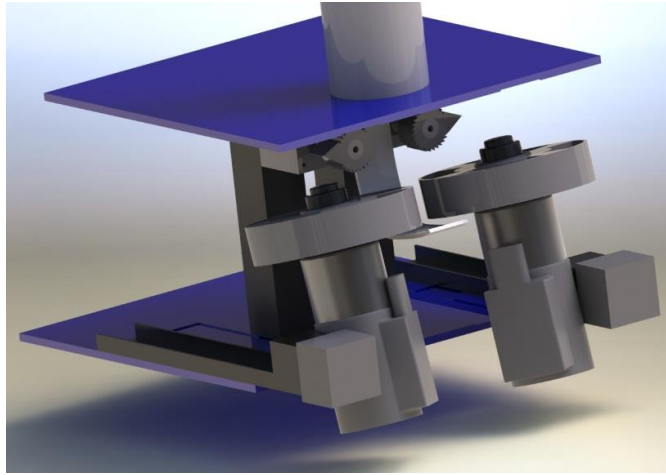


Figura 11. Renderizado: Sistema de Lanzamiento

Fuente: Propia

Motores Stepper: El robot consta de 3 motores Stepper. Dos de estos, realizan el agarre del volante y son los que permiten que los volantes recaigan sobre el sistema de lanzamiento. El otro motor stepper está en el cuello del robot, justo debajo de la lámina que soporta el sistema de lanzamiento. Este motor está acoplado a un sistema de transmisión de potencia, que realiza giros de 180 grados luego de recibir información del sistema de visión, para cambiar la dirección de lanzamiento.

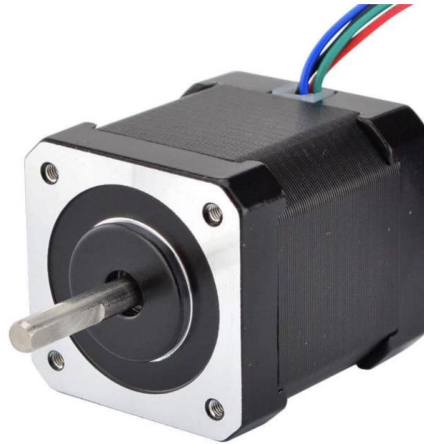


Figura 7. Motor Stepper

Fuente: Propia

En el diseño de (Aslam et al., 2019), se utilizan 2 ruedas llamadas shooting wheels que fueron impresas en 3D con material PLA, con un motor sin escobillas en sus ejes para realizar un lanzamiento, al caer el volante entre ambas ruedas. Este robot utilizó un sistema de lanzamiento muy parecido, pero cambiando la forma en la que el volante entra al sistema. Este sistema también incluye 2 motores stepper, que en sus ejes tienen acoples impresos en 3D con PLA, que realizan un tipo de agarre en el volante, y permiten que los volantes recaigan uno por uno entre las shooting wheels, o ruedas lanzadoras. Los motores stepper giran simultáneamente y permiten el paso a un volante a la vez hacia las ruedas. Las ruedas giran continuamente a alta velocidad, lanzando el volante que cae en medio de ambas ruedas. Cada 4 segundos los motores stepper permiten el paso a un volante.

(Aslam et al., 2019) menciona:

El bádminton es un juego de alta velocidad. Requiere cambios en dirección entre cada disparo, preferiblemente en diferentes velocidades. Por tanto, el bádminton implica movimientos rápidos y una respuesta rápida. El bádminton es un juego rápido, por lo que volante con precisión es un trabajo desafiante (pg.9).

Por esta razón se utilizaron motores brushless con una velocidad angular suficiente para poder brindar lanzamientos rápidos con una velocidad lineal óptima para un entrenamiento eficiente del bádminton.



Figura 12. Renderizado de Motor Brushless

Fuente: Propia

El lanzamiento del robot se basa en dos motores sin escobillas de corriente directa, los cuales deber ser capaces de rotar a una velocidad lo suficientemente alta para poder lanzar el volante de bádmin-ton a una distancia considerable. El uso de motores DC se ha vuelto común en la industria debido a sus especificaciones destacadas como gran control de velocidad y alta eficiencia (Akkar & Salman, 2020). Funcionando simultáneamente el uno al otro, para ser capaces de brindar al robot la función principal de que es el lanzamiento. Esto se logra haciendo uso de relevadores para cada motor, que se conmutaran dependiendo las señales enviadas desde el sistema de control.



Figura 13. Motor Brushless Utilizado en el Robot

Fuente: Propia

En la realización de este robot se utilizó 2 motores sin escobillas de taladro marca TECCPO, alimentados por baterías, que trabajan a una velocidad de 2000 RPM con 20 Voltios. Para la elección de estos motores sin escobillas se debió realizar un estudio de relación entre velocidad angular y velocidad lineal. Se analizó previamente las especificaciones de estos taladros, y se llegó a la conclusión que con una velocidad angular de 2000rev/min se podrían lograr lanzamientos lineales completamente óptimos para la realización del robot lanzador de volantes. Los mandriles de los taladros ingresados en los agujeros centrales de las ruedas lanzadoras podrán realizar lanzamientos muy veloces de volantes de bádminon, que es el objetivo fundamental en el robot.

(Aslam et al., 2019) menciona que las velocidades lineales en las máquinas de propulsión de volantes de bádminon oscilan entre 10 a 120 metros por segundo, 10 como mínimo. Tomando en cuenta este valor, se procedió a buscar motores cuya velocidad angular, se convierta en una velocidad lineal mínima de 10 metros por segundo. Para encontrar la cantidad de revoluciones por minuto en los motores para obtener el mínimo de velocidad lineal que son 10 metros por segundo, se realizaron los siguientes cálculos.

$$\theta = rpm \times 2\pi rad$$

$$V_{lineal} = \omega \times R(\text{radio de la llanta})$$

$$RPM = ?$$

$$\theta = Rpm(2\pi rad) = Rpm(2\pi rad)$$

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

$$\omega = \frac{Rpm(2\pi rad)}{1 \text{ min}}$$

$$10 = \frac{Rpm(2\pi rad)}{1 \text{ min}} (6.5cm) \quad 10 = \frac{Rpm(\pi rad)}{30} (6.5cm) = RPM = 1469$$

Tras realizar los cálculos de velocidad angular para convertir a la velocidad lineal mínima requerida, se estableció que se necesitaran motores que giren a almenos 1469 revoluciones por minuto. Al momento de buscar los componentes del robot, se realizaron búsquedas en distintos proveedores de estos motores en el mercado, y debido al precio y a su disponibilidad en el

mercado, se decidió implementar 2 motores de taladro marca TECCPO, con velocidad de 2000 RPM, funcionando con 20 voltios. Luego de encontrar estos motores, se hicieron los mismos cálculos, pero esta vez buscando encontrar la velocidad lineal que brindarían estos motores a 2000 RPM.

$$\theta = rpm \times 2\pi rad$$

$$V_{lineal} = \omega \times R(\text{radio de la llanta})$$

$$RPM = 2000$$

$$\theta = 2000(2\pi rad) = 4000(2\pi rad)$$

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

$$\omega = \frac{4000\pi rad}{1 \text{ min}} = \frac{200}{3} \pi rad \times seg$$

$$\omega = 209.43 \text{ rad} \times seg$$

$$V_{lineal} = 209.43(6.5 \text{ cm}) = 1361.295 \text{ cm} \times seg$$

$$\underline{Velocidad\ lineal = 13.61 \text{ metros por segundo}}$$

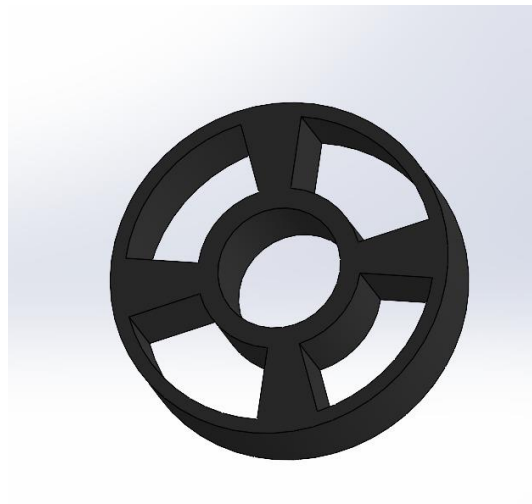


Figura 14. Diseño de Ruedas de Lanzamiento

Fuente: Propia

Para poder transmitir la potencia generada por los motores, y transformar la velocidad angular en un lanzamiento lineal, se diseñaron 2 ruedas idénticas en el programa SOLIDWORKS. Estas ruedas fueron diseñadas con un eje del tamaño del mandril de los taladros que serían los motores brushless, para ir incrustada en ellos y al girar ambos motores simultáneamente, crear un torque lo suficiente para lanzar el volante con solvencia hacia el atleta.

A través de este sistema de lanzamiento, los motores sin escobillas giraran a 1500 RPM, haciendo girar las ruedas a la misma velocidad. Ambas ruedas se encuentran situadas muy cerca una a la

otra en el sistema, de esta forma el volante caerá entre ambas ruedas y el torque producido lanzará el volante. Este sistema de lanzamiento es el que fue utilizado por (Aslam et al., 2019) en su Shuttlecock Propulsion Machine. El sistema de lanzamiento es igual, pero por nosotros fue mecanizado un sistema de agarre y transporte de volante totalmente distinto, utilizando 2 motores stepper y 2 acoples diseñados en Solidworks.

Un mecanismo con motores stepper se puede calificar por su grado de estabilidad, precisión, respuesta, velocidad y sensibilidad a las perturbaciones que actúan sobre el sistema. La robustez con respecto a perturbaciones en las medidas, errores o variaciones de los parámetros característicos del sistema es lo que hacen de este sistema uno muy confiable que se puede utilizar para un sinnúmero de tareas (Femmam, 2017). Por cada una de las cualidades de los motores stepper, se decidió integrarlos a este sistema de agarre junto con los acoples y una rampa.

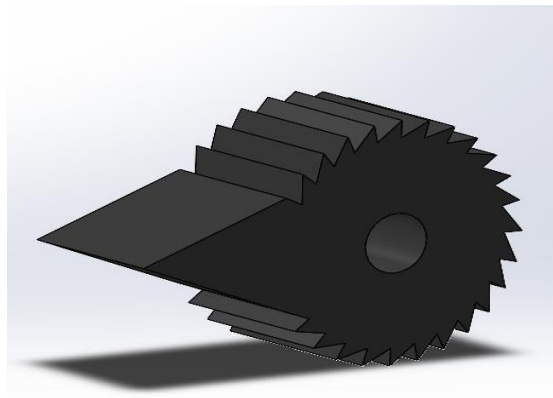


Figura 15. Diseño de Acople de Motor Stepper para transportar volante.

Fuente: Propia

Para poder permitir el volante recaer sobre las ruedas con los motores stepper, se diseñó en SOLIDWORKS este acople el cual fue impreso en 3D con material PLA. Se mecanizó esta pieza que serviría para agarrar el volante y transportarlo a las ruedas en el sistema de lanzamiento. El eje de los motores stepper estará pegado al agujero que se puede observar en la figura 15 del acople. Al girar los motores stepper, se permitirá el paso de un volante, y caerá en una rampa, también realizada con impresión 3D en material PLA, que llevará el volante a caer en medio de ambas

ruedas. Se decidió utilizar este sistema de agarre del volante, y no el sistema de (Aslam et al., 2019) que consiste de una mandíbula robótica que agarra el volante de la pelota y lo ingresa a las ruedas para luego ser lanzado. Se mecanizo este sistema de agarre del volante debido a que se encontró más sencillo de realizar utilizando acoples impresos en 3D y 2 motores stepper..

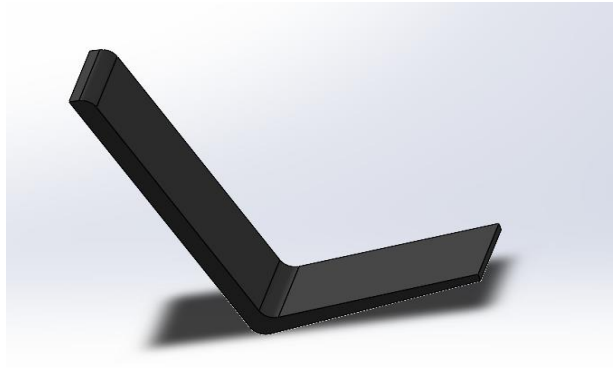


Figura 16. Diseño de Rampa en Mecanismo de Agarre

Fuente: Propia

Se realizó el diseño de esta pieza en Solidworks. Para este diseño se debió tomar en cuenta la forma y el tamaño de los volantes. Los volantes se encuentran almacenados en un tubo de PVC en la parte superior al actuador de lanzamiento, y saldrán por la parte inferior del tubo hacia el mecanismo de agarre. Esta rampa se mecaniza de forma que los volantes recaerán sobre ella una vez los acoples de los motores stepper le permitan el paso. Esta rampa tiene el fin de guiar el volante a que pueda ser atrapado perfectamente entre ambas ruedas en el sistema de lanzamiento. Esta pieza igual que las ruedas lanzadoras, los acoples de los motores stepper, el acople para la recamará de almacenamiento, y los acoples superiores para tubo estructural será impreso en 3D con material PLA.



Figura 17. Tubo PVC 3in: Recamara de Almacenamiento de Volantes

Fuente: Propia

Se incorporo un tubo de PVC de 3 pulgadas de diámetro como recamara de almacenamiento de los volantes. El tubo se encuentra en un agujero que atraviesa la lámina de acrílico superior al actuador de lanzamiento, como se puede observar en la figura 11. Por la parte superior de este tubo se ingresarán los volantes juntos, de manera que la nariz del volante este hacia abajo para poder realizarse un agarre efectivo por parte de los acoples de motores stepper. Los volantes egresaran esta recamara de almacenamiento por la parte inferior, ingresando al mecanismo de agarre, es decir los motores stepper con sus acoples. Esta recamará almacenará 7 volantes a la vez y podrá ser alimentada nuevamente ingresando los volantes por la parte superior de la manera previamente explicada. Se tomó la decisión de utilizar este material para el almacenamiento de los volantes debido a su alta durabilidad y costo accesible.



Figura 18. Diseño de Acople para mejora en Recamara de Almacenamiento

Fuente: Propia

Debido a la forma y material del volante, se complica la correcta forma de ingresar el volante al mecanismo de agarre. Realizando pruebas de mejora para la recamara de almacenamiento, se diseñó un acople redondo que estará posicionado adentro del tubo PVC, para proporcionar un agarre mejor del tubo PVC a la lámina de acrílico superior al actuador de lanzamiento. Instalando este acople a la recamara de almacenamiento, se mejorará el agarre del tubo PVC a la lámina de acrílico, mejorando la forma en la cual el volante egresa de la recamara de almacenamiento y la forma en la que ingresa al actuador de agarre.

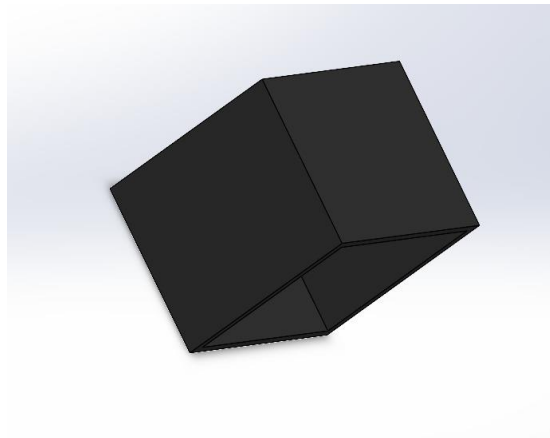


Figura 19. Diseño de Extensión de tubo estructural para lamina superior

Fuente: Propia

Se realizó el diseño para 2 extensiones idénticas para poder ensamblar la lámina superior con el

tubo estructural que sostiene el actuador de agarre. Estas extensiones están posicionadas en la lámina superior. Las extensiones fueron realizadas como impresiones 3D en material PLA.

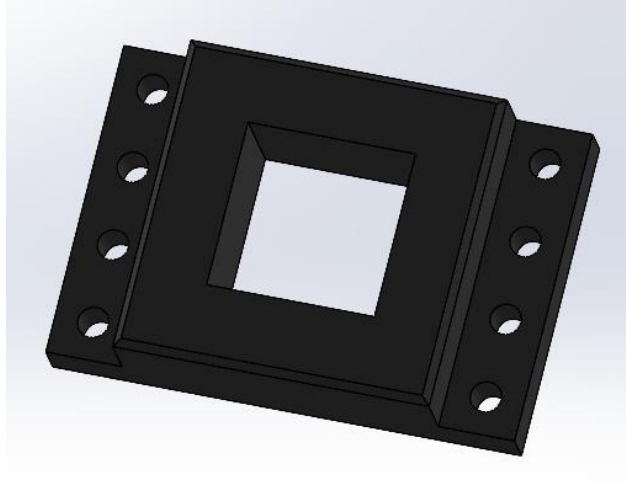


Figura 20. Base de Motor Stepper del Cuello

Fuente: Propia

Se diseñó en el software SOLIDWORKS una base para el motor stepper que accionara los giros en el cuello del robot para cambio de dirección de lanzamiento en los distintos niveles de entrenamiento. El motor stepper estará ubicado en el agujero cuadrado central, y se realizaron 8 perforaciones para los tornillos que acoplaran la base a la lámina del cuello del robot.

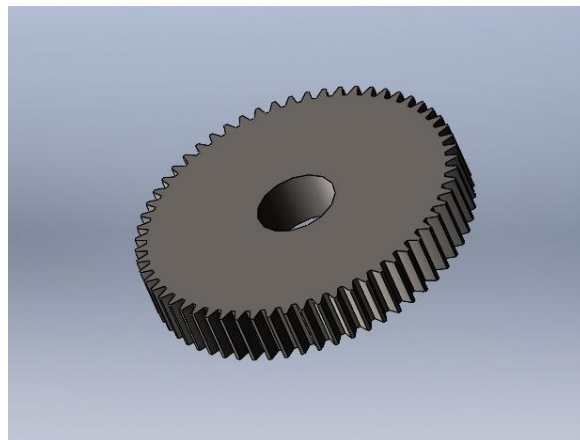


Figura 21. Diseño Engranaje de Cuello de Robot

Fuente: Propia

Se diseñó un engranaje que, para ser acoplado al eje de una chumacera, para lograr realizar el

movimiento del mecanismo de cuello de robot.

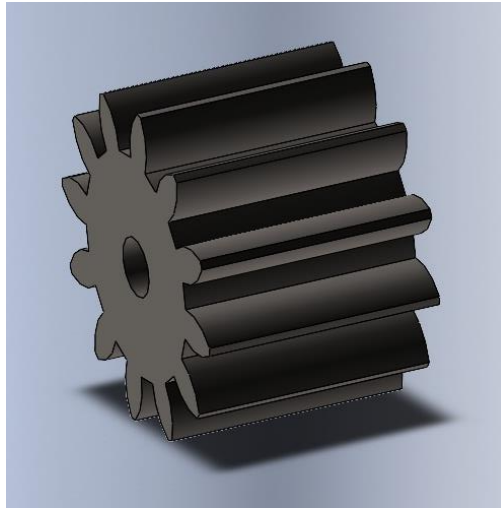


Figura 22. Diseño Engranaje acoplado en eje de motor stepper de Cuello de Robot

Fuente: Propia

Se diseñó un engranaje que para ser acoplado al eje de un motor stepper, para lograr realizar el movimiento del mecanismo de cuello de robot.

N. Integración del Dominio de Control

Tras realizar numeras pruebas y simulaciones del funcionamiento del robot con placas de prototipaje, se diseñaron 5 placas electrónicas en el sistema PROTEUS para poder fabricar el robot. 3 placas son idénticas, estas placas portan los drivers para los 2 motores stepper que se integraran en el sistema de agarre del robot, y una placa para el driver del motor stepper que está en el cuello del robot. Se realizo una placa principal para nuestro microcontrolador PIC18F45K22, que llevara la programación de las funciones y algoritmos que hace posible el correcto funcionamiento del robot. La última placa es la placa de alimentación, para poder alimentar la placa de los motores sin escobillas y alimentar los 3 motores stepper.

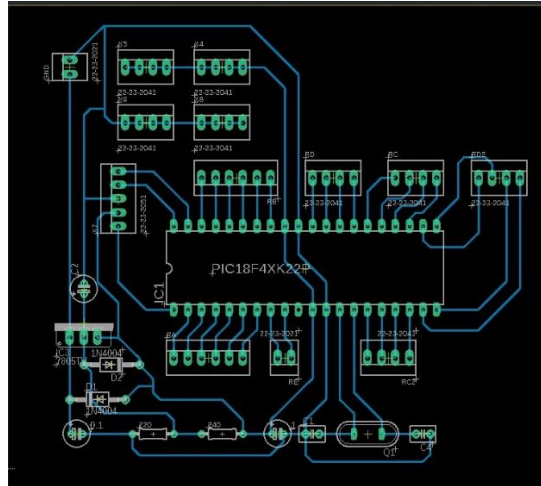


Figura 23. Diseño de Placa Electrónica para PIC18F45K22

Fuente: Propia

Se diseñó una placa que se encargara de todo el funcionamiento electromecánico del robot. Esta es la placa fundamental, ya que en ella se encuentran todas las funciones y algoritmos que componen el sistema mecánico y de control del robot. Se llevaron a cabo pruebas y simulaciones de las funciones y algoritmos desarrollados. Se realizó una programación completa para cada uno de los componentes y diversos sistemas en el software MikroC.

Se realizó una programación en el lenguaje Python para el sistema periférico de visión artificial, y se comunicó con nuestro PIC18F45K22 a través de un microcontrolador Arduino Nano.

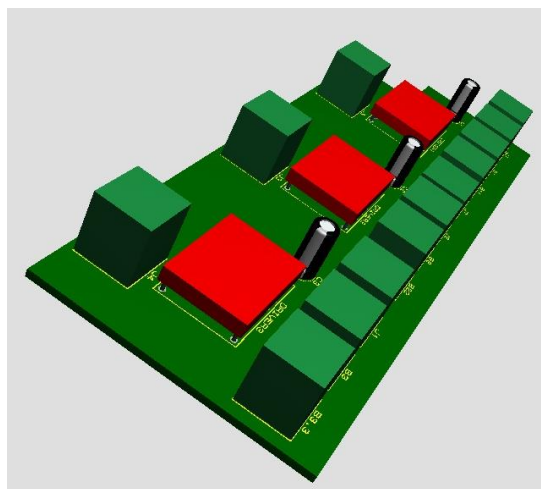


Figura 24. Renderizado de Placa Electrónica para Drivers de Motores Stepper

Fuente: Propia

Se realizó una placa para cada driver de los motores stepper. En cuando al acondicionamiento de los componentes y administración de voltaje y corriente, no fue el correcto, se dañó el microcontrolador PIC18F45K22 y los drivers de los motores stepper. Se realizaron distintas pruebas haciendo uso de un regulador de voltaje. Al utilizar una fuente de poder para placa de 3.3-5 Voltios se logró obtener un funcionamiento adecuado en cada uno de los componentes de las diferentes placas electrónicas.

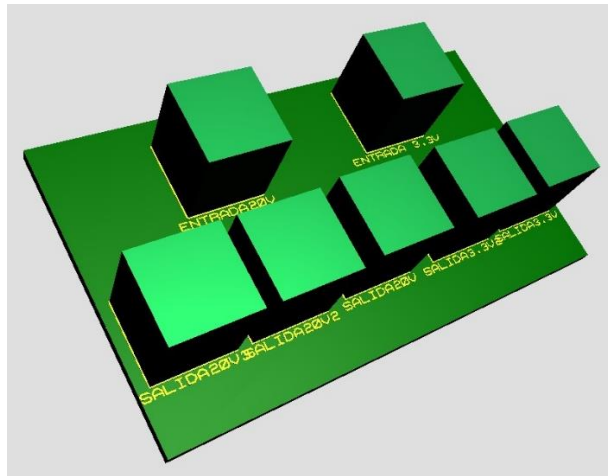


Figura 25. Renderizado de Placa Electrónica de Alimentación

Fuente: Propia

Se diseñó una placa para la alimentación de los motores stepper y para la alimentación de la placa de los motores sin escobillas en el software PROTEUS.

O. Integración de los Periféricos

Se realizaron pruebas de las partes desarrolladas. El sistema de visión artificial desarrollado en el lenguaje Python funciona correctamente. El sistema de visión y los actuadores están integrados para verificar el correcto funcionamiento en conjunto, para ello se requieren suficientes conexiones eléctricas y electrónicas debiendo realizarse estas conexiones bajo los parámetros y tensiones definidas para cada parte del sistema.

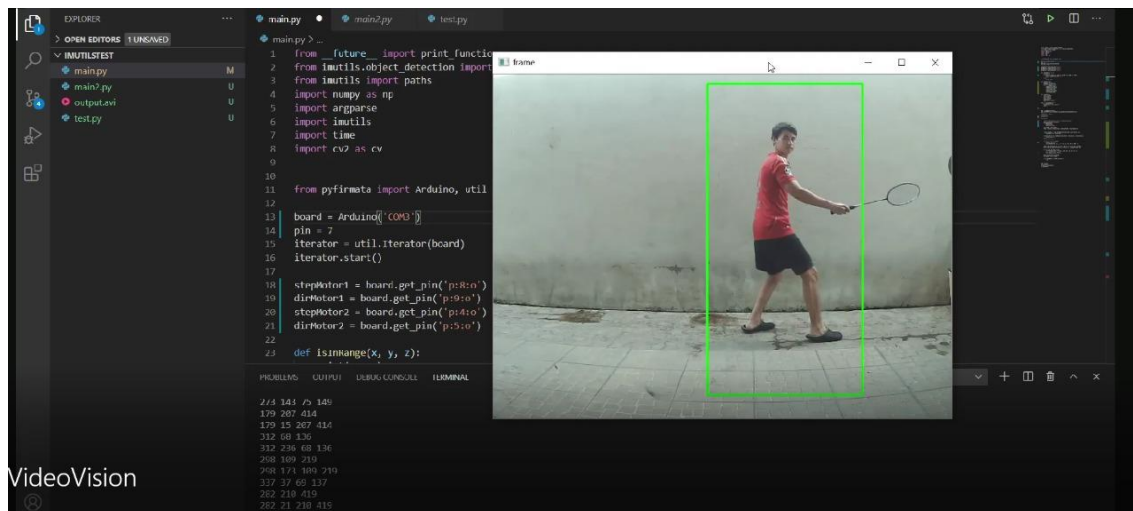


Figura 26. Sistema de Reconocimiento del Atleta

Fuente: Propia

El sistema de reconocimiento del atleta funciona a la perfección. El código se escribió en el lenguaje Python y a través de una cámara web 1080p reconoce al ser humano y lo marca en un cuadro, sin importar que tenga en su mano una raqueta deportiva o demás artículos. Al inicio, debido a que no es una cámara de alta gama, se esperaban fallos en el reconocimiento del atleta al estar en movimiento constante a alta velocidad, pero no fue el caso. La cámara reconoce exitosamente al atleta aun estando en constante cambio de posicionamiento. Se realizó una programación en la cual el sistema de visión envía señales para generar cambios de dirección en el lanzamiento a través del sistema de cuello del robot, potenciado con un motor stepper.

La comunicación del sistema de visión artificial en Python con el microcontrolador PIC18F45K22 a través del Arduino nano mostro ser efectiva en el aspecto de que el PIC18F45K22 respondía rápidamente y precisamente a la información emitida por el nano. El decidir integrar un Arduino nano fue de mucha ayuda para lograr la comunicación de Python con el PIC, debido a que la comunicación solamente entre Python y el PIC no presento ser muy eficiente para el funcionamiento correcto de los periféricos; sistema de visión artificial y sistema de cuello del robot.

1.1.1.4 Etapa V: Integración de los Subsistemas

Como resultado de los estudios relacionados en SolidWorks, es posible decidir qué material es adecuado para fabricar el housing. Se modificó la estructura para tener una mejor distribución del peso en áreas que pueden deformarse. Las piezas adecuadas para el montaje de los motores están diseñadas junto con el eje para transmitir mejor el movimiento. Debido a que la correa dentada se puede utilizar para una transmisión rápida, se ha reemplazado. A su vez, se utilizarán engranajes en el cuello del robot para lograr una mejor transmisión.

El sistema de lanzamiento se logró integrar con dos motores sin escobillas que responden correctamente a los comandos del PIC. En el caso de querer poder ajustar la velocidad del motor sin escobillas, es necesario mejorar el control de velocidad. En el próximo ciclo, evaluaremos el rendimiento de los motores ya instalados en el robot.

Se descartó la utilización de comunicación serial para el control del robot, ya que se imposibilitó la opción de comunicar las señales generadas por Python con el microcontrolador PIC.

1.1.1.5 Etapa VI: Integración de Sistemas

Después del ciclo A, el sistema no se puede integrar debido a la falla de los componentes probados y definidos. Para el ciclo B, se definirán nuevos componentes y métodos para el desarrollo de prototipos.

En cuanto al sistema mecánico se logró la creación de la estructura principal, sin embargo, está pendiente la integración de los actuadores y partes móviles importantes para el movimiento del robot.

En cuanto al sistema de control, se desarrolló un algoritmo en lenguaje C y otro en lenguaje Python para manejar el movimiento del robot en función a lo necesario para realizar entrenamientos de bádmiton.

En el sistema periférico, se logró crear un sistema de visión artificial y un sistema de cuello de robot completamente funcional.

1.1.2 Ciclo B de la Metodología "V"

Etapa I: Nivel de Sistemas

En el segundo caso, se analiza el sistema que constituye el método y los resultados de los cambios

realizados después del ciclo A.

P. Sistema Mecánico

Con base en las modificaciones estudiadas en el Ciclo A, el diseño se realizó en base a los cambios anteriores y la estructura se fabricó en detalle. Los materiales se mecanizan adecuadamente y luego se conectan mediante soldadura. Posteriormente, otros elementos se fusionaron en el robot completo.

Q. Sistema de Control

Se agregarán nuevos elementos al sistema de control que permitan el control del robot completamente funcional.

La definición del PIC18F45K22 como controlador se reafirma, obteniendo buenos resultados de implementación y confiabilidad durante las pruebas.

R. Sistema Periférico

Se realizaron varios cambios en los subsistemas y componentes a utilizar debido a fallas en las pruebas realizadas después del ciclo A.

Etapa II: Nivel De Subsistemas

Analizaremos los subsistemas que componen el proyecto después del ciclo A, y los resultados de los cambios realizados en los subsistemas.

S. Subsistemas Mecánicos

- 1 Cuello de Robot: Se mecanizo un sistema de transmisión de potencia en el cuello junto con un motor stepper para lograr realizar los giros en el actuador de lanzamiento, y poder cambiar la dirección a la que será lanzado el volante.
- 2 Actuador de Lanzamiento: Se mecanizo un sistema de lanzamiento de volante con 2 motores sin escobillas de taladro, y 2 ruedas impresas en PLA.
- 3 Estructura: Se realizó una estructura de láminas de hierro y acrílico, junto con tubo estructural para conseguir una altura adecuada para entrenamientos de bádmiton.

T. Subsistema de Control

Dentro de los subsistemas de control para el ciclo B, exponemos lo siguiente:

1. Placa Electrónica MicroControlador: Se realizó una placa electrónica en PCB que se encargara de todo el funcionamiento electromecánico del robot a través de un PIC18F45K22.
2. Placa Electrónica para Drivers de Motores Stepper: Se realizó una placa en PCB para cada driver de los motores stepper con su capacitor y borneras para ponerlos en funcionamiento
3. Placa de Alimentación: Se realizó una placa en PCB para la alimentación de los motores stepper y para la alimentación de la placa de los motores sin escobillas.
4. Subsistema de Programación en C: Se mejoraron las líneas de código para evitar accionamientos en caso de posibles errores.
5. Subsistema de Programación en Python: Se mejoraron las líneas de código para evitar accionamientos en caso de posibles errores

U. Subsistemas Periféricos

Los subsistemas eléctricos para el ciclo B se definen como sigue:

1. Sistema de Visión Artificial: No se realizaron cambios después del ciclo A.
2. Sistema de Comunicación: No se realizaron cambios después del ciclo A.

Etapa III: Realización de Partes

4 Partes Mecánicas

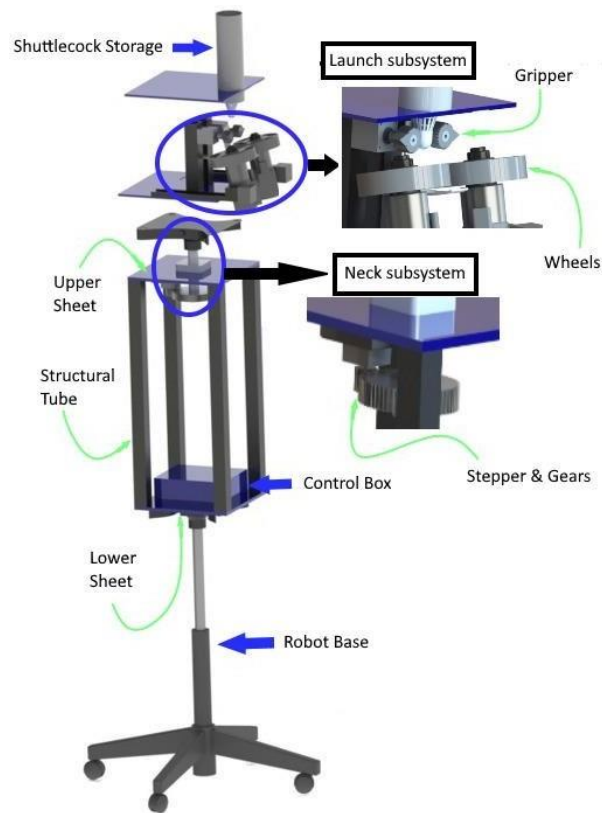


Figura 27. Vista Explosionada de Estructura y Sistemas

Fuente: Propia

Se cortaron las piezas con las medidas pertinentes para alcanzar la estructura deseada. En las esquinas, se hicieron cortes de 45 grados para que el peso sea distribuya de una manera más homogénea en la soldadura. Antes de realizar la soldadura, se verifico que cada uno de los tubos estructurales ubicados en cada esquina del housing fuera de longitud igual, así no tener problemas al momento de soldar las láminas en su lugar. Se implementaron 2 láminas de hierro, y 2 láminas de acrílico. La primera lamina de la parte inferior hacia la superior fue integrada en acrílico, debido a la disposición con la que se contaba de este material. Al igual que la lámina inferior, la lámina superior, es decir la que es atravesada por el tubo PVC también fue integrada en material acrílico, por la disposición con la que se contaba con este material. Las láminas en la que se apoya el cuello del robot y el actuador de lanzamiento fueron integradas en hierro, debido

a que era necesario una mayor resistencia con respecto al peso que poseen estos actuadores.



Figura 28. Estructura y Actuator de Lanzamiento fabricado Completamente

Fuente: Propia

Debido al peso de toda la estructura, se logra una estabilidad muy buena, que era uno de los factores de riesgo tomando en consideración la altura del robot.

(Aslam et al., 2019) desarrollo un robot diseñado específicamente para ser un robot lanzador de volantes que se utiliza para entrenar a los jugadores de bádminton. El bádminton como visto en secciones anteriores requiere al menos dos jugadores, haciendo imposible que una persona practique bádminton sin otro jugador o entrenador. Para que una persona entrene de forma independiente, se ha desarrollado este robot lanzador.

Debido a la forma peculiar del volante, se dificulto la mecanización del sistema de transporte y agarre del volante.



Figura 29. Tubo Estructural Junto a Motores Stepper de Sistema de Agarre

Fuente: Propia

Se utilizaron dos motores stepper ajustados con abrazaderas a dos piezas de tubo estructural, y en cada eje de los dos motores stepper se incorporó acoples impresos en material PLA. Estas abrazaderas sujetan de forma muy segura los motores stepper, para evitar que, tras tanto uso de los mismos, se separen del tubo estructural y cause fallos en el sistema de lanzamiento.



Figura 30. Sistema de Agarre Junto a Motores Sin Escobillas

Fuente: Propia

En la figura 30 se puede apreciar la forma en la que el volante será agarrado con ambos acoples

de los motores stepper. Una vez un volante sea lanzado a través del actuador de lanzamiento, 4 segundos después los motores stepper accionarán un giro simultáneo, y permitirán el paso a un volante más. Lograr que los motores stepper permitieran el paso de un volante a la vez fue un desafío durante las primeras pruebas del mecanismo de agarre debido a los tiempos en los que giran los motores, luego se realizaron mejoras en la programación y se logró que cada volante entrara al actuador de lanzamiento de forma individual. Los tubos estructurales que sujetan los motores stepper fueron taladrados a una lámina de hierro.



Figura 31. Actuador de Agarre y Transporte de Volante

Fuente: Propia

Entre ambos motores se encuentra una rampa impresa en PLA se colocó en medio, para permitir el volante recaer sobre ella y transportarlo hacia el actuador de lanzamiento. En este sistema de agarre se utiliza la gravedad para entrar el volante entre ambos acoples de los motores stepper y siempre con gravedad cae guiado por la rampa hacia el sistema de lanzamiento.

Los primeros acoples integrados en los ejes de los motores stepper en el mecanismo de agarre tuvieron errores. Primero se imprimieron acoples con los cuales no se lograba un agarre eficiente en el volante, en vista de este problema se cambió el diseño de los acoples en Solidworks y se

mejoraron a nivel de funcionar exitosamente.



Figura 32. Ruedas Impresas para Actuador de Lanzamiento

Fuente: Propia

En la figura 32 se puede observar las ruedas que se realizaron en el software Solidworks y luego fueron impresas con impresión 3D en material PLA. El peso ligero de las ruedas permite obtener un giro solvente con respecto a los motores brushless. Cada motor brushless estará entre los ejes de cada llanta. A las llantas se le incorporaron hules en las a horillas para producir un torque mayor al momento de recibir en volante entre ellas y producir un lanzamiento con mayor efectividad.



Figura 33. Actuador de Lanzamiento Completo

Fuente: Propia

Se utilizaron motores sin escobillas de taladro previamente utilizados realizar los lanzamientos del robot. de pelea. Una vez impresas las ruedas, se insertaron los mandriles de los taladros en los ejes de las llantas. Utilizamos este tipo de motores debido a que se puede controlar la dirección de giro y tienen la velocidad angular suficiente para poder convertir esa velocidad en una velocidad lineal óptima para el lanzamiento de nuestro proyectil. Se decidió cortar las secciones utilizadas previamente, solo dejando una sección del mandril.

En la figura 33 se puede ver el sistema de lanzamiento y el sistema de agarre ya terminado y funcional. Los acoples en el sistema de agarre se fabricaron en PLA en una impresora 3D y se pegaron a los ejes de los motores stepper En la extensión que va conectada al eje, se hizo un desbaste con una pulidora en ambos lados del cilindro. Esto se debe a que los prisioneros deben tener una superficie plana para poder cumplir con su cometido a totalidad. Este sistema puede ser intercambiado fácilmente por otro si se quisiera modificar en un futuro por un motor de mayor torque.

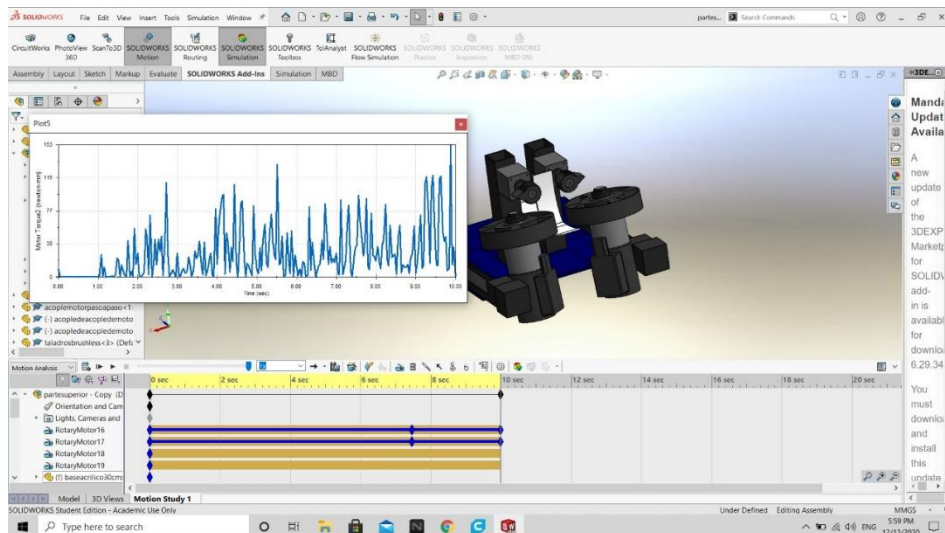


Figura 34. Graficas En Solidworks Motion

Fuente: Propia

En la imagen 34 se puede observar la gráfica de torque de motor brushless en el actuador de lanzamiento del robot.

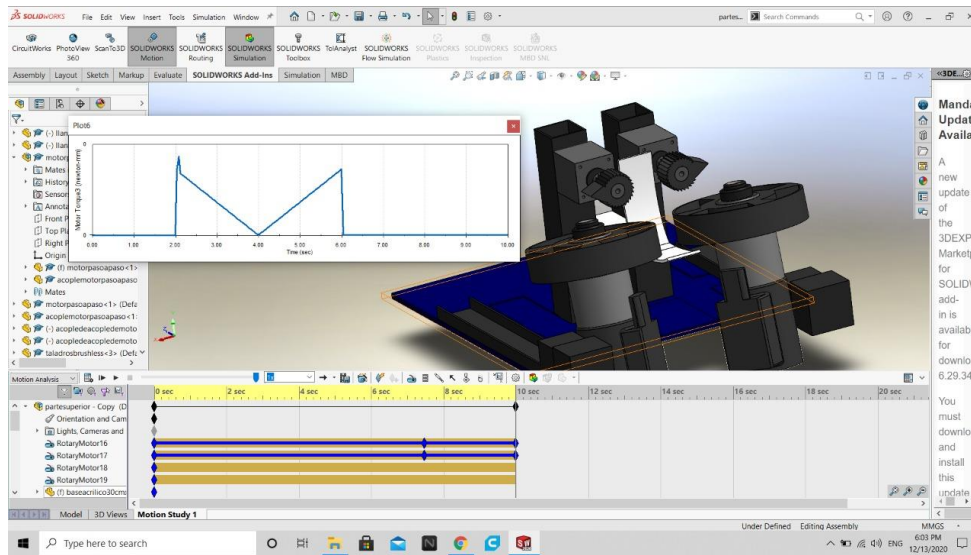


Figura 35. Graficas en Solidworks Motion

Fuente: Propia

En el momento de realizar las simulaciones en Solidworks, se confirmó que no se puede sacar la velocidad lineal ya que el robot no se mueve como tal, sino solamente se mueven los ejes de sus motores.

V. Partes del Dominio de Control

Para este sistema previamente se habían elaborado las placas electrónicas y la programación en el software MiKroC. Para el ciclo B del dominio de control, fue necesario realizar lo siguiente:

1. Programación en C: Se desarrolló una programación en lenguaje C para todas las funciones del robot. Cada uno de los mecanismos se accionan en esta programación.
2. Programación en Python: Se desarrolló una programación en lenguaje Python para el reconocimiento del atleta a través de la cámara web colocada en el sistema de visión artificial.

3. Placas Electrónicas: Se desarrollaron 5 placas electrónicas en PCB. La placa principal contiene el microcontrolador que acciona todo el robot, en este caso la PIC18F45K22. 3 placas se realizaron para los drivers DRV8825 de los motores stepper. Una placa se desarrolló para la alimentación de los motores stepper y motores brushless del actuador de lanzamiento.



Figura 36. Placa Electrónica Principal en Realizada en Físico

Fuente: Propia

En la figura 36 se puede la placa principal del robot ya impresa en baquelita PCB con sus respectivos componentes. Esta placa funcionara como el cerebro del robot, ya que en ella está el microcontrolador que lleva en el todos los algoritmos y funciones para realizar el funcionamiento del robot.

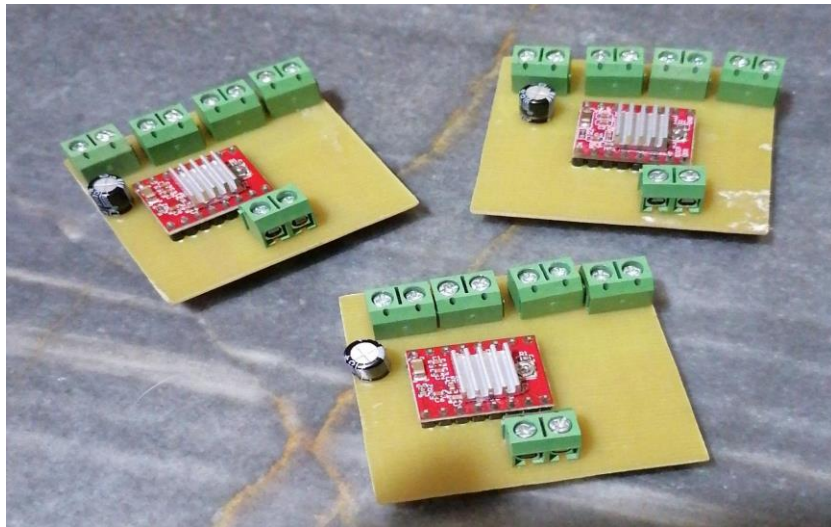


Figura 37. Placas para Drivers de Motores Stepper

Fuente: Propia

Se realizaron 3 placas en PCB para cada driver de los 3 motores stepper del robot, 2 en el mecanismo de agarre de volante y 1 en el actuador del cuello del robot. Inicialmente se había realizado una sola placa electrónica con 3 drivers cada uno con su respectivo capacitor de 47 microfaradios y 16V y sus borneras, pero no funcionaban correctamente. Una vez se pasó cada driver a una placa individual para cada uno, funcionaron perfectamente.

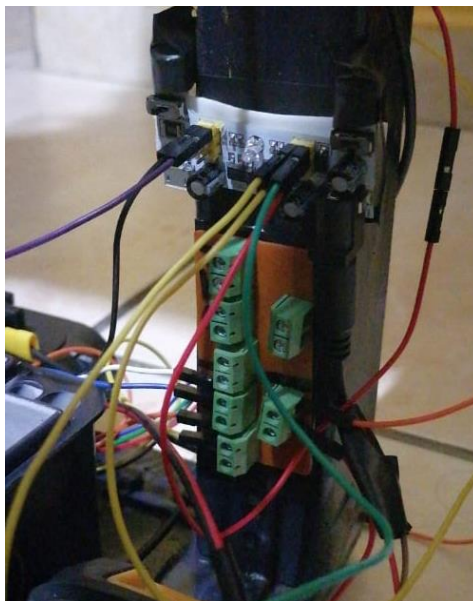


Figura 38. Placa de Alimentación de Motores

Fuente: Propia

Se desarrolló una placa de alimentación, para alimentar todos los motores. Esta placa es alimentada por una batería de 20 Voltios de taladro, y esta misma de encarga de alimentar la placa de los motores sin escobillas y los 3 motores stepper.

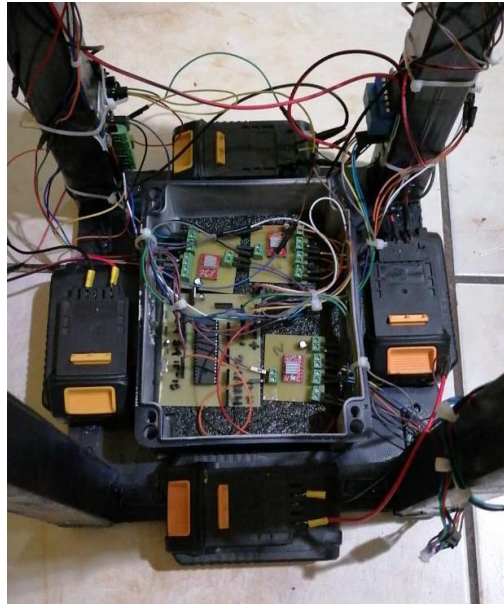


Figura 39. Conexiones de Placas Electrónicas y Baterías

Fuente: Propia

En la parte central inferior del housing, se encuentran todas las partes físicas del dominio de control del robot. En este espacio están ubicadas las baterías de 20 V de los taladros y cada una de las placas electrónicas.

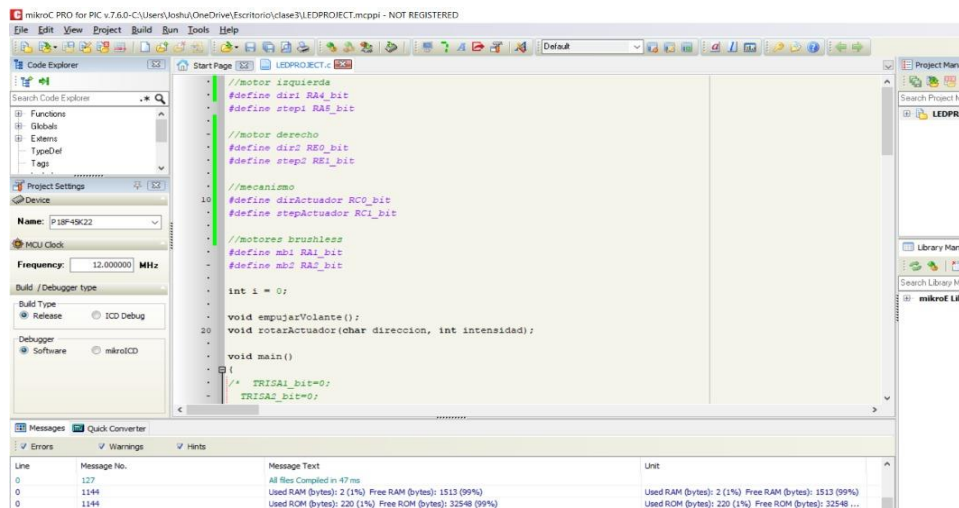


Figura 40. Programación en MicroC

Fuente: Propia

Se declararon los puertos que se utilizaran para cada componente electromecánico del robot y las funciones realizadas.

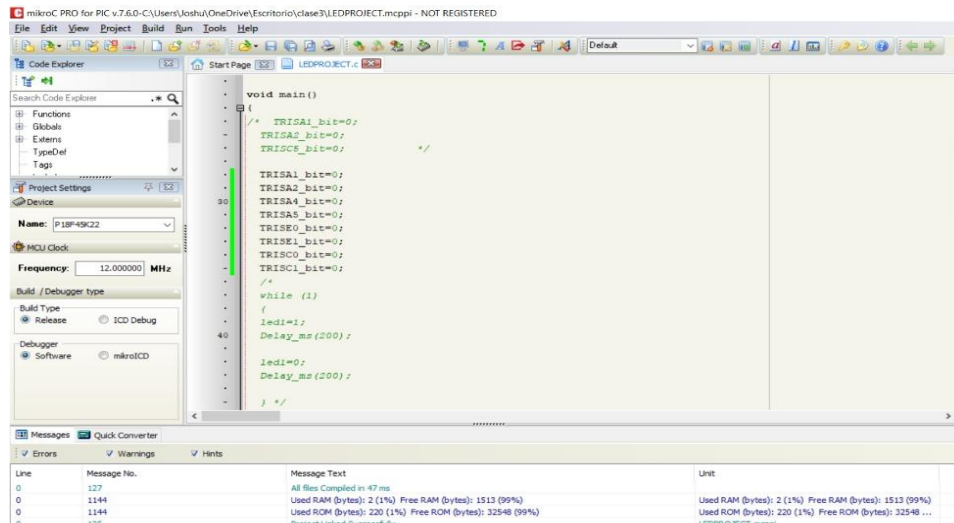


Figura 41. Programación en MicroC.

Fuente: Propia

Como se logra ver en la figura 41, se declararon los puertos a utilizar como salidas.

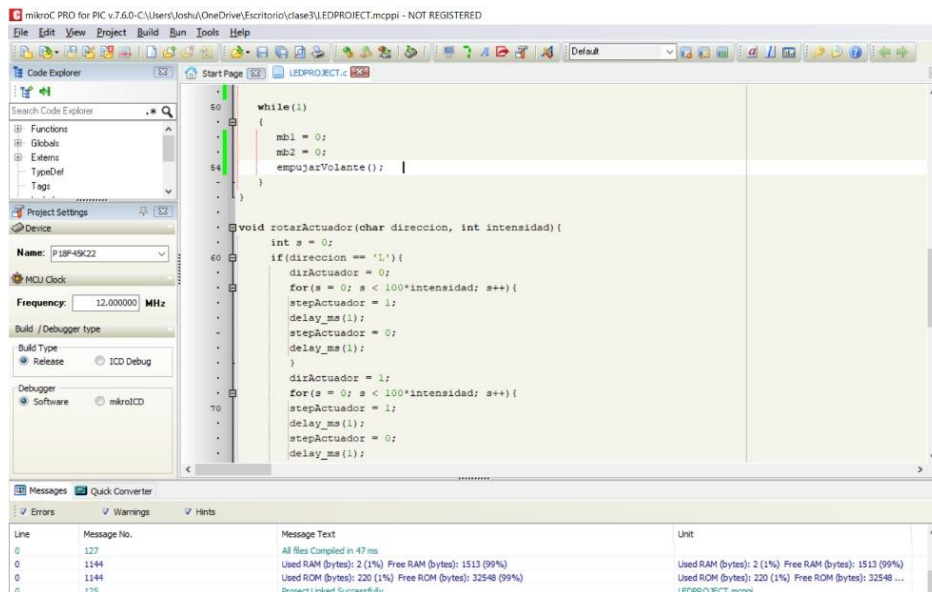
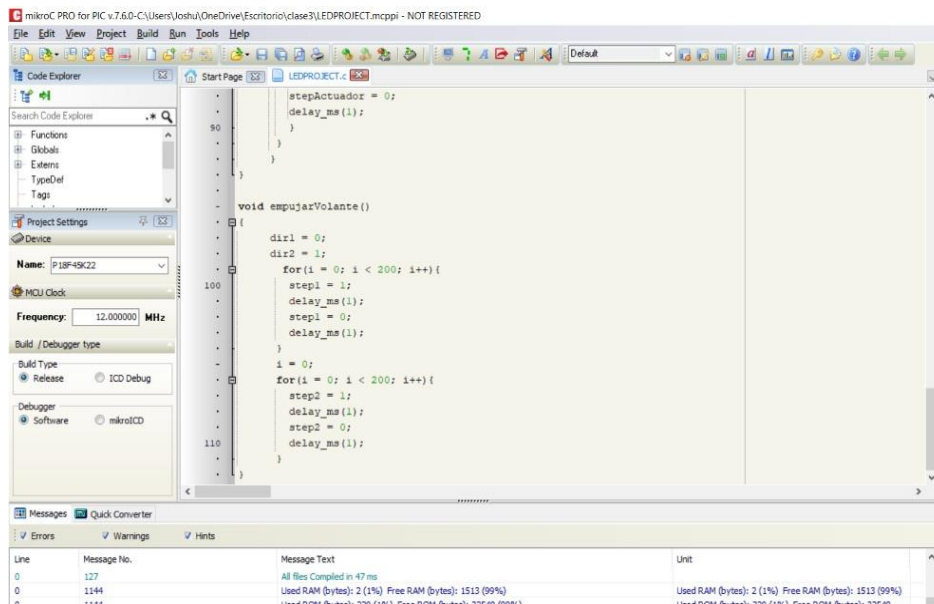


Figura 42. Programación en MicroC.

Fuente: Propia

En la figura 42 se puede observar las líneas de programación para la puesta en marcha del robot. Inicia el programa encendiendo ambos motores sin escobillas en el actuador de lanzamiento para producir el giro a alta velocidad en las ruedas lanzadoras. Luego se pasa a realizar la función de empujar el volante hacia el actuador de lanzamiento, accionado por los 2 motores stepper en el actuador de agarre.



```
stepActuador = 0;
delay_ms(1);
}
}

void empujarVolante()
{
    dir1 = 0;
    dir2 = 1;
    for(i = 0; i < 200; i++){
        step1 = 1;
        delay_ms(1);
        step1 = 0;
        delay_ms(1);
    }
    i = 0;
    for(i = 0; i < 200; i++){
        step2 = 1;
        delay_ms(1);
        step2 = 0;
        delay_ms(1);
    }
}
```

Figura 43. Programación en MicroC.

Fuente: Propia

Posterior a la programación de la figura 42 que es el arranque de los motores sin escobillas del actuador de lanzamiento, en la figura 43 se puede ver el código de la función de empujar volante, que se realiza en la parte superior de la programación. Una vez el programa esta inicializado, se puede ver el código de la dificultad del entrenamiento.

W. Periféricos

Después del ciclo A, quedo establecido el funcionamiento de la webcam como componente principal en el sistema de visión. Para el cuello del robot se descartó un motor stepper convencional y se utilizó un motor stepper con un sistema de transmisión de potencia con engranajes impresos en PLA. Para el ciclo B, se realizó lo siguiente:

- Sistema de Visión: Se determinó que se necesitaba de una cámara con conexión USB y de alta resolución para poder detectar seres humanos a través de una programación de reconocimiento humano. Se utilizó una cámara webcam de 1080p full HD de 30fps.

1. Etapa IV: Integración de Partes

5 Integración de Partes Mecánicas



Figura 44. Integración de Todas de Actuadores de Lanzamiento y Agarre

Fuente: Propia

En la figura 44 se logra ver la el actuador de agarre y el actuador de lanzamiento del robot totalmente integrada con la recámara de almacenamiento. En esta se pueden apreciar las dos llantas siendo sujetadas a los motores por sus ejes correspondientes. Estos motores están sujetos al tubo estructural con abrazaderas roscadas. También en la imagen se logra ver ambos motores stepper que se incorporan al sistema de agarre. El tubo PVC en la parte superior del actuador de lanzamiento servirá como una recámara de almacenamiento para los volantes. En este tubo estarán todos los volantes juntos y uno a la vez bajara al actuador de agarre para luego ser transportado al actuador de lanzamiento.



Figura 45. Integración de Todas las Partes Mecánicas del Robot

Fuente: Propia

En la figura 45 se puede observar completamente terminado todo el sistema mecánico y estructura del robot. Se mecanizó piezas de tubo estructural debido a su rigidez y resistencia a deformación, y también que es un material muy accesible y de bajo costo.

La lamina de la parte superior fue realizada en acrílico, debido a que no requiere de resistencia a esfuerzo mayor ya que no sostiene ningún componente de alto peso. En esta lamina se realizó un

agujero de 3 pulgadas de diámetro para insertar el tubo PVC que compone la recámara de almacenamiento de volantes.

En la tabla 1, se puede observar detalladamente los materiales utilizados, la cantidad de cada uno y el costo total para la realización de las partes mecánicas del robot.

Componente	Cantidad	Costo (HNL)	Total
Base de Silla Giratoria	1	L.2000.00	
Pintura Azul Oscuro	4	L.400.00	
Tornillo T12 con Tuerca	15	L.200.00	
Tornillo M3 con Tuerca	22	L.100.00	
Epoxi Steel	2	L.200.00	
Epoxi Plástico	2	L.200.00	
Material PLA	1	L.2500.00	
Abrazaderas Metálicas Redondas	4	L.200.00	
Abrazaderas Metálicas Cuadradas	2	L.200.00	
Abrazaderas de Plástico	1	L.30.00	
Tornillo de 0.5in	3	L.60.00	
Arandelas	15	L.100.00	
Taladro Brushless	2	L.3,320.00	
Motor Stepper	2	L.670.00	
Tubo Estructural	20	L.600.00	
Soldadura	1	L.200.00	

Láminas de Acrílico	2	L.300.00
Tubo PVC 3 Pulgadas	1	L.34.00
Laminas Metálicas	2	L.200.00
TOTAL		L.11,504.00

Tabla 1. Materiales Utilizados y Costos Mecánicos

Fuente: Propia

X. Integración del Dominio de Control

Se llevaron a cabo pruebas de comunicación para el intercambio de información de información entre el microcontrolador PIC y el sistema de visión realizado en Python. Para esta comunicación se empleó un controlador Arduino nano. Se empleó este controlador debido a la eficiencia con la que logra comunicar Python con el microcontrolador principal que es la PIC18F45K22. Para la detección del atleta en el sistema de visión, se integró una webcam con conexión USB al ordenador.

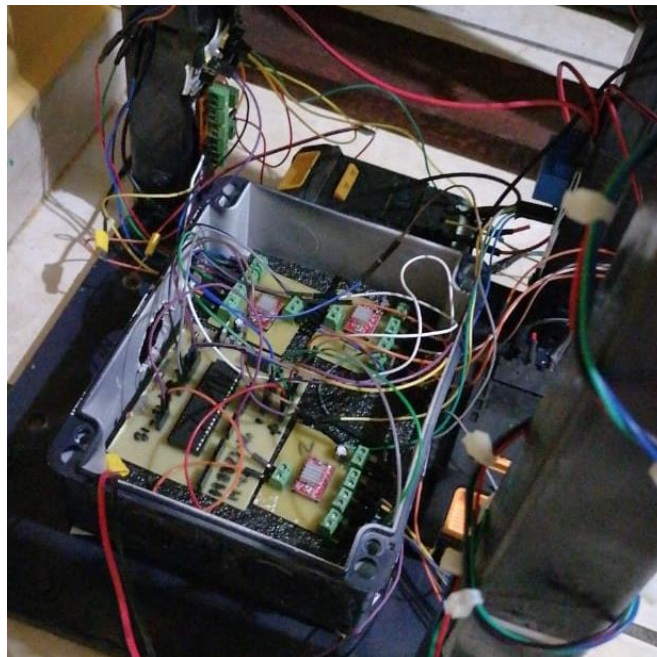


Figura 46. Caja de Control del Robot

Fuente: Propia

En esta caja de PVC, estarán todas las conexiones de cada una de las 5 placas electrónicas.

Componente	Cantidad	Costo (USD)	Total
Baquelita de Cobre 10x15cm	1	\$2.70	
Baquelita de Cobre 7x10cm	2	\$1.46	
PIC18F45K22	1	\$8.00	
Capacitor 47mF	1	\$0.46	
Jumpers Macho Hembra	2	\$1.00	
Conector de Barril para PCB	1	\$0.46	
Regulador de Voltaje	1	\$0.83	
IC DIP Socket	1	\$0.83	
Oscilador de Cristal 12Mhz	2	\$0.83	
ArduinoNano	1	\$6.24	
Bornera 5.08mm	25	\$5.20	
Driver Motor Stepper	3	\$9.50	
Impresión CNC	3	\$25.00	
Fuente de Poder 3.3-5V	1	\$3.20	
Estaño 11g	1	\$1.50	
Cautín	1	\$18.00	
TOTAL		\$85.21	

Tabla 2. Materiales Utilizados en Dominio de Control

Fuente: Propia

Dentro de los resultados podemos mencionar que se elaboró un sistema de comunicación y control confiable para un robot de entrenamiento de bádminton totalmente automatizado. En

emplear este robot en los entrenamientos de bádminton nos brinda distintos beneficios, como ser:

- Su utilidad puede ser constantemente mejorada al ingresarle nuevos algoritmos y funciones en su programación.
- Haciendo uso un sistema totalmente autónomo, se elimina el factor dependiente de una segunda persona capacitada en el deporte para realizar un entrenamiento.
- No dependemos de energía eléctrica en el lugar de entrenamiento, ni de una red de WIFI para poder hacer uso de nuestro robot.

Algo a mejorar en este aspecto del proyecto es la fluidez en el sistema de visión. Con videos y tutoriales en Python se logró realizar un sistema de visión artificial que detecte seres humanos. Con la integración de una cámara web con una resolución mejor, se estima poder lograr una mejor fluidez en el reconocimiento del atleta.

Y. Integración de Periféricos

Durante el ciclo A se validó el funcionamiento sistema de visión artificial y el correcto accionamiento del motor stepper junto al sistema de transmisión de potencia impreso en 3D para realizar un propio funcionamiento del sistema del cuello del robot. Sin embargo, en las primeras pruebas, el motor stepper se acoplo en el sistema del cuello no lograba el suficiente torque para girar el actuador de lanzamiento. Luego con mejoras en los diseños de engranes, se logró un giro en el cuello del robot totalmente eficiente.

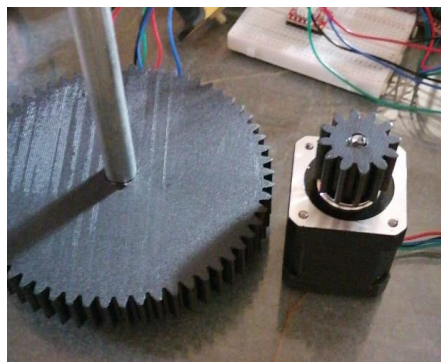


Figura 47. Engranes Impresos Integrados a Ejes

Fuente: Propia

Para integrar este mecanismo de transmisión de potencia se utilizó una relación de engranes y Piñon. La relación es la siguiente:

$$R = \frac{N_{engrane}}{N_{piñon}} = \frac{60}{12} = 5$$

R = 5: 1 (Por cada paso del motor, seran 5 pasos del engrane)



Figura 48. Sistema de Cuello del Robot

Fuente: Propia

En la figura 48 se puede lograr observar el sistema de cuello del robot ya instalado en su lugar. La realización de este sistema fue muy compleja y tomo distintos intentos. El primer diseño que se trató de implementar fue un servomotor, pero se descubrió que ningún servomotor que fue encontrado podría realizar el giro de manera solvente de todo el actuador de lanzamiento. De esta forma se integraron el sistema de transmisión de potencia y el motor stepper.



Figura 49. Sistema de Cuello Integrado a demás Sistemas

Fuente: Propia

Al unir el motor stepper y el sistema de transmisión de potencia con engranes diseñado en Solidworks, se logró integrar al robot un sistema de cuello totalmente funcional.



Figura 50. Cámara Utilizada en Sistema de Visión

Fuente: Propia

Se utilizó una webcam 1080p para la integración del sistema artificial. Con conocimientos básicos de lenguaje Python, se requirió de videos y tutoriales de la utilización de este lenguaje para poder realizar el programa de detección de humanos. Tras realizar varios intentos, se logró escribir un código totalmente funcional para reconocimiento de humanos a través video captado en tiempo real de una cámara web conectada al ordenador.

Etapa V: Integración de los Subsistemas

En la integración de los subsistemas mecánicos se tuvieron que analizar distintos materiales que cumplieran con los requerimientos de resistencia y accesibles de costos. Se logró integrar una estructura hecha de hierro y acrílico con una silla de base giratoria. La integración de la estructura con todos los actuadores implico pruebas para confirmar una buena estabilidad por parte de la estructura debido a su estatura considerable. Ambos actuadores funcionaron a la perfección al estar integrados a la estructura.

La integración de los subsistemas de control implico pruebas de conexiones para lograr un funcionamiento electrónico optimo y eficiente en cada uno de los sistemas. La parte electrónica en este subsistema fue el más complejo, debido a la cantidad de componentes electrónicos en cada una las cinco placas realizadas. Se empleó conocimiento adquirido en materias anteriores de la carrera para el uso del software MiKroC para realizar la programación del microcontrolador

PIC.

El sistema periférico funciono correctamente. El sistema de visión artificial fue un desafío debido a que fue realizado en lenguaje Python, pero se logró integrar perfectamente la cámara elegida con el programa realizado. El cuello del robot fue una de las áreas más complicadas de diseñar en el robot, pero uniendo un motor stepper con un sistema de engranes totalmente optimizado para el peso del actuador, se logró realizar de manera completamente funcional.

Etapa VI: Integración de los Sistemas

Se logró integrar un robot con un sistema electromecánico capaz de moverse según los comandos proporcionados por un sistema de control a través de un sistema electrónico. El diagrama de la figura 51, resume el funcionamiento del prototipo.

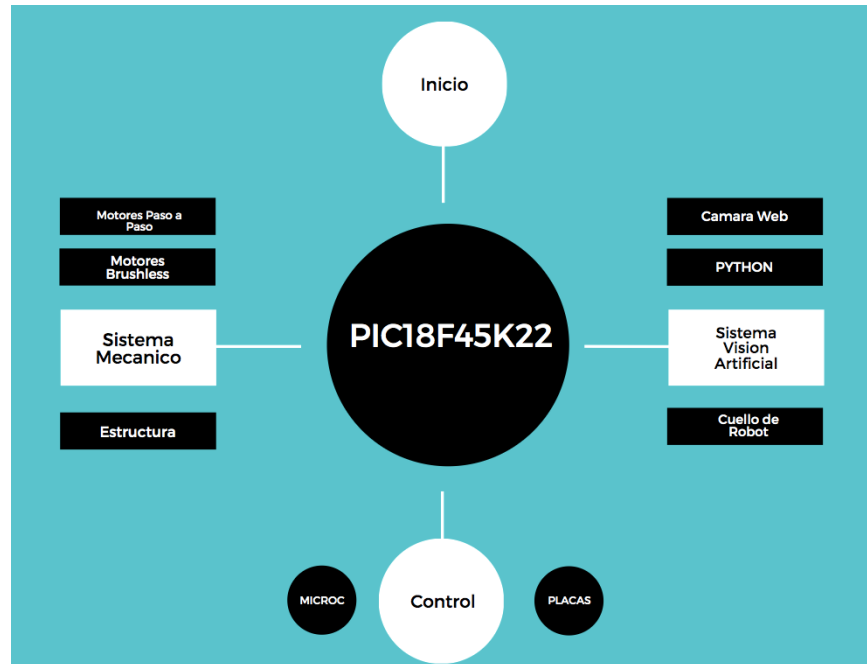


Figura 51. Diagrama de Flujo

Fuente: Propia

1. Resultado del Prototipo: Final del Ciclo B

Se logró fabricar y programar un robot deportivo totalmente automatizado con visión artificial para realizar entrenamientos autónomos de bádminton. En la figura 47 se puede apreciar el resultado. En esta figura se logran apreciar todos los sistemas integrados y listos para su correcto funcionamiento. El robot logra mantenerse en balance debido a su peso, a pesar de giros

repentinos en el cuello del robot.



Figura 52. Prototipo Resultante

Fuente: Propia

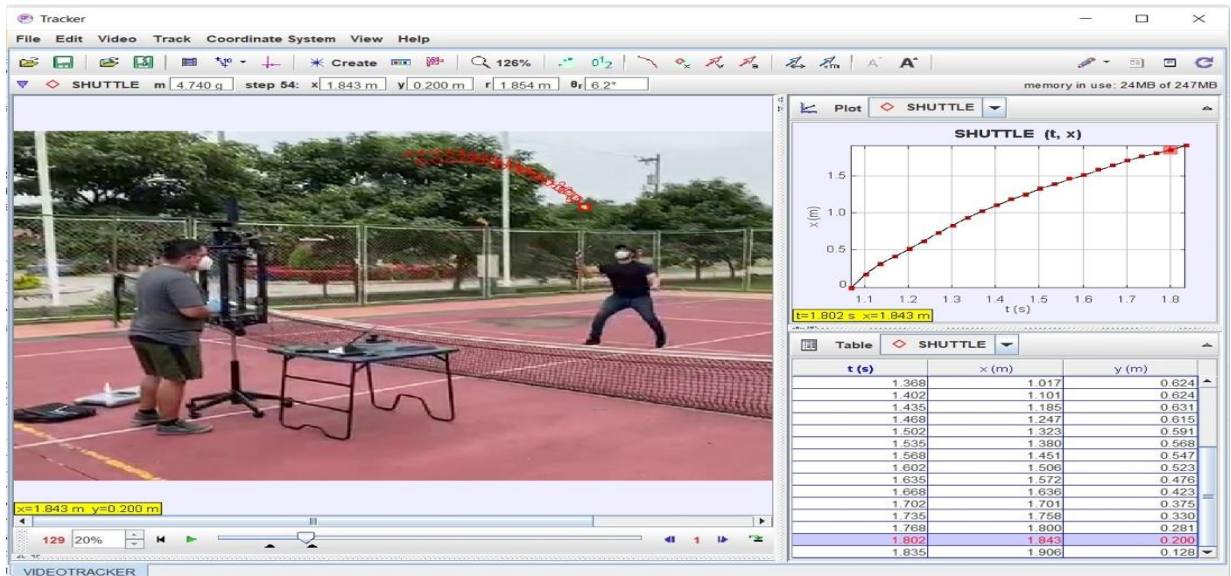


Figura 53. Simulaciones de Proyectiles

Fuente: Propia

En el software Tracker para lanzamiento de proyectiles se obtuvieron datos y graficas del volante con respecto al eje x en el tiempo, al ser lanzado por el robot y llegar al objetivo.

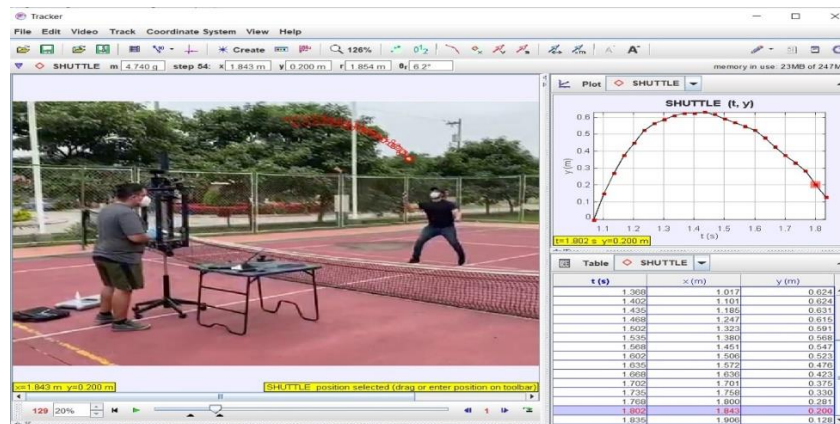


Figura 54. Simulaciones de Proyectiles

Fuente: Propia

En el software Tracker para lanzamiento de proyectiles se obtuvieron datos y graficas del volante con respecto al eje y en el tiempo al ser lanzado por el robot y llegar al objetivo.

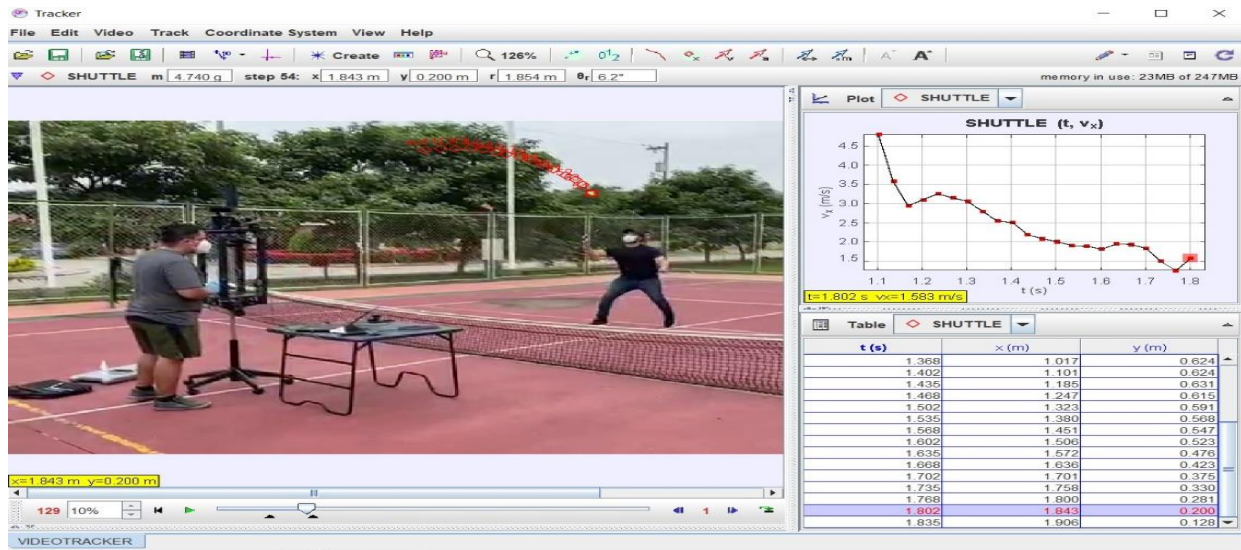


Figura 55. Simulaciones de Proyectiles

Fuente: Propia

En el software Tracker para lanzamiento de proyectiles se obtuvieron datos y graficas para velocidad con respecto al eje x en el tiempo alcanzada por el volante hasta llegar al objetivo.

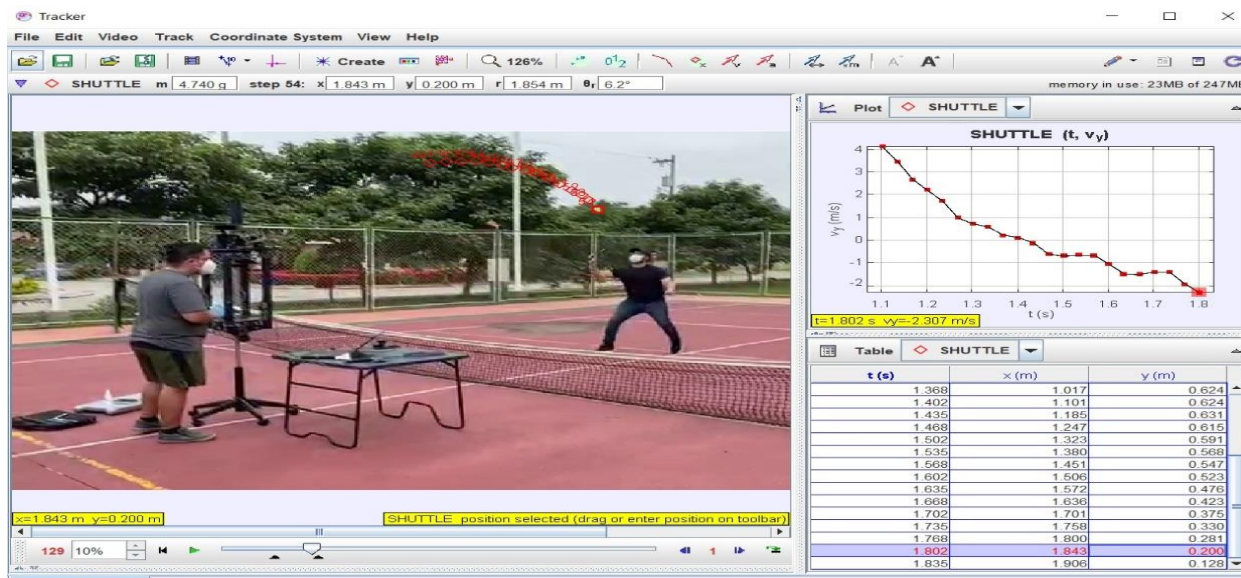


Figura 56. Simulaciones de Proyectiles

Fuente: Propia

En el software Tracker para lanzamiento de proyectiles se obtuvieron datos y gráficas para velocidad con respecto al eje y en el tiempo alcanzada por el volante hasta llegar al objetivo.

Utilizando este software se logró crear un modelo matemático de lanzamiento de proyectiles en los ejes x y y.

	Desplazamiento en X(max)	Desplazamiento en Y(max)	Velocidad en X(max)	Velocidad en Y(max)
Prueba 1	2	0.6	5	4.3
Prueba 2	2.5	0.4	6	3.5
Prueba 3	2.2	0.5	5.2	3.9
Prueba 4	2.2	0.6	4.9	4.6
Prueba 5	2.6	0.3	6.5	3.2
Prueba 6	2.1	0.62	5.3	4.2
Prueba 7	2.4	0.6	4.1	3.4
Promedio	2.285714286	0.517142857	5.285714286	3.871428571

Figura 57. Datos de Proyectiles

Fuente: Propia

Las unidades del desplazamiento en x e y son en metros, la unidad de la velocidad en x e y son en m/s. Con los datos obtenidos mediante nuestro software Tracker podemos concluir varias cosas. Se puede concluir que, entre más grande sea el desplazamiento en x, menor será el desplazamiento en Y, lo mismo sucede en cuando a la velocidad, entre más rápido se desplace el volante en x, menor será su velocidad en y, y viceversa. Otra conclusión obtenida es que nuestro robot es consistente en cuanto a la distancia y velocidad de lanzamiento del volante, tal y como se tenía previsto desde un principio. Por último, se pudo concluir que, mediante el software adecuado, se puede sacar información y graficas valiosas para el estudio de movimiento de proyectiles.

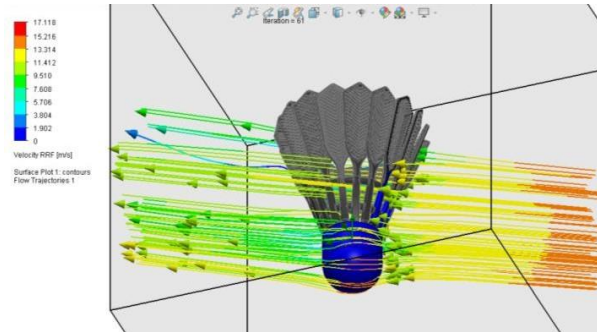


Figura 58. Simulación de Vuelo del Volante

Fuente: Propia

Los análisis de la resistencia del aire del volante se realizaron en la simulación de flujo de SolidWorks, como se muestra en la figura 53. La velocidad aérea considerada fue de 13,6 m / s. La velocidad aérea se reduce entre 5,7 - 9,5 m s. Esta reducción puede afectar el tiempo de vuelo y altura máxima de vuelo. Se considera que el robot de 2 metros de altura reduce la resistencia del aire.

Tiempo de Vuelo

Altura Maxima

Alcance Maximo

$$V_f = V_i + gxt$$

$$t = \frac{v_i \times \text{sen}\theta}{g}$$

$$\text{Tiempo Total} = 2 \times \frac{v_i \times \text{sen}\theta}{g}$$

$$= \mathbf{1.8 \text{ segundos}} \text{ (Resultado brindado por tracker)}$$

$$h(\text{Altura Maxima}) = \frac{v_i^2 \times \text{sen}^2\theta}{2g}$$

$$= \mathbf{0.6 \text{ metros}} \text{ (resultado brindado por tracker)}$$

Alcance maximo en X

$$X = \frac{vi^2 \times \text{sen}2\theta}{g} = \mathbf{2 \text{ metros}} \text{ (resultado brindado por tracker)}$$

En la Tabla 3, puede confirmar el costo total implicado en la fabricación del robot. De esto podemos concluir que es posible construir robots en países donde la robótica está en auge. Puede encontrar los componentes clave para desarrollar sistemas que se pueden usar en robótica. Además, hay algunos otros elementos que no están en nuestro mercado. El sector industrial de un país / región como el nuestro no considerará conscientemente implementar la robótica en sus procesos industriales, porque esto puede traerle altos costos. Ahora, con estos resultados, esta preocupación se puede eliminar, porque a través de una investigación adecuada sobre el proceso, se puede crear un sistema robótico en nuestra industria.

Componente	Cantidad	Precio (USD)
Motores Brushless	1	140.00
Fabricación de Estructura	1	284.65
Motores Stepper	3	41.97
Cámara Web	1	14.50
Impresiones en PLA	5	102.50
Fabricación de Placas Electrónicas	5	85.21
TOTAL		\$668.83

Tabla 3. Presupuesto del Robot

Fuente: Propia

Conclusiones

1. El mercado cuenta con una amplia cantidad de robots entrenadores de bádmiton, teniendo un precio muy elevado, desde \$3,500 hasta \$20,000 dólares, y algunos ni siquiera incluyen el sistema de visión. En este proyecto se logra un entrenamiento de calidad con un robot de bajo costo que utiliza un sistema de visión artificial, alcanzando los \$668.83 dólares.
2. La altura del robot es de 2 metros, se diseñó de tal manera ya que la altura de la malla es de 1,55m, por lo cual se necesitaba una altura considerable para un lanzamiento eficiente del volante. El robot se posiciona a 1 metro de distancia de la red, al iniciar el entrenamiento el volante alcanza una altura de 0.5 metros tomando como punto de referencia el actuador de lanzamiento y se desplaza una distancia aproximada de 2,28 metros. La velocidad del volante alcanza aproximadamente 5,28 m/s, una velocidad bastante rápida para un entrenamiento de alto nivel.
3. Se diseñaron 3 mecanismos para este robot. El mecanismo de lanzamiento que cuenta con dos motores sin escobillas que en su eje tienen acoplados dos llantas impresas en el material PLA, cada motor alcanzando una velocidad de dos mil revoluciones por minuto. El mecanismo de agarre que consta de dos motores paso a paso con dos acoples diseñados especialmente para arrojar el volante, se encarga de transportar el volante hacia el mecanismo de lanzamiento. El mecanismo del cuello, que se encarga de darle dirección al lanzamiento, es un sistema de transmisión de potencia que consta de un engranaje de 60 dientes y un piñón de 12, para poder multiplicar el torque ofrecido por el motor paso a paso, con una relación de 5:1 y crear un direccionamiento rápido y preciso.
4. Se instaló Python 3.8 y el software de Visual Studio Code, y se programó un sistema de visión artificial en el lenguaje Python, editando el código en VSCode. Se utilizó la librería Imutils, que es una biblioteca utilizada para el procesamiento de imágenes. Se utilizó la librería Numpy, que proporciona una estructura de datos potente, permitiendo la implementación de matrices, que fueron utilizadas para guardar la posición del atleta detectado. Se utilizó la biblioteca Pyfirmata, que se encarga de la comunicación entre python-arduino. La más importante es la biblioteca Open CV que se utiliza para la detección de movimiento y el reconocimiento de objetos. El atleta se detecta

perfectamente aun cuando se mueve a altas velocidades, y que tenga un objeto en la mano como ser la raqueta, no interfiere con su reconocimiento.

5. El robot de bádminon desarrollado en este documento puede realizar el lanzamiento de volante a 5,28 m / s y lanzarlo a una distancia aproximada de 2,28 m, con una inclinación de 30 grados en su lanzamiento. Puede detectar la posición del atleta para realizar el entrenamiento aun cuando se mueve a altas velocidades. El presupuesto es accesible, pero algunos sensores como los escáneres láser deberían ser implementados para mejorar el subsistema de visión, ya que sería mucho más preciso.

Bibliografía

Akkar, H. A. R., & Salman, S. A. (2020). Improvement Parameters for Design Brushless DC Motor by Moth Flame Optimization. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 745, 012019. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/745/1/012019>

Arai, T., Yasuda, M., & Matsuhira, N. (2016). Development of a teleoperated robot arm system using RSNP: Precise tasks performed using a predictive display. *2016 13th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI)*, 128–131. <https://doi.org/10.1109/URAI.2016.7734037>

Aslam, M. U., Bashir, A., Draz, W. U., Mahmood Raja, H. M., & Kamran. (2019). Optimized Shuttlecock Propulsion Machine to Facilitate Badminton Training. *2019 International Conference*

on *Electrical, Communication, and Computer Engineering (ICECCE)*, 1–6.
<https://doi.org/10.1109/ICECCE47252.2019.8940685>

Ballard, L., Sabanovic, S., Kaur, J., & Milojevic, S. (2016). George Charles Devol, Jr. [History]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 19(3), 114–119. <https://doi.org/10.1109/MRA.2012.2206672>

Brusso, B. C. (2018). 50 Years of Industrial Automation [History]. *IEEE Industry Applications Magazine*, 24(4), 8–11. <https://doi.org/10.1109/MIAS.2018.2820440>

Bugdol, M., Bugdol, M., & Grzegorzec, M. (2017). ROAD TRAFFIC ESTIMATION USING BLUETOOTH SENSORS. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 96, 15–25. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2017.96.2>

Burhan, I., Azman, A. A., & Othman, R. (2016). Electro pneumatic trainer embedded with programmable integrated circuit (PIC) microcontroller and graphical user interface platform for aviation industries training purposes. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 152, 012065. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/152/1/012065>

Cai, L., Liu, Y., Liu, Z., & Yang, C. (2017). Color recognition and dynamic decision-making model of 6 axis of industrial robot based on embedded system. *2017 29th Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*, 2836–2841. <https://doi.org/10.1109/CCDC.2017.7978995>

Che Hassan, M. F., Mohd Rosli, M. U., & Mohd Redzuan, M. A. (2018). Material selection in a sustainable manufacturing practice of a badminton racket frame using Elimination and Choice Expressing Reality (ELECTRE) Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1020, 012012. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1020/1/012012>

Chui, M., Manyika, J., & Miremadi, M. (2018). What AI can and can't do (yet) for your business. *McKinsey Quarterly*, 2018, 96–108.

Cohen, C., Texier, B. D., Quéré, D., & Clanet, C. (2015). The physics of badminton. *New Journal of Physics*, 17(6), 063001. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/17/6/063001>

Correa, D. S. O., Sciotti, D. F., Prado, M. G., Sales, D. O., Wolf, D. F., & Osorio, F. S. (2012). Mobile Robots Navigation in Indoor Environments Using Kinect Sensor. *2012 Second Brazilian Conference on Critical Embedded Systems*, 36–41. <https://doi.org/10.1109/CBSEC.2012.18>

Deng, Y., & Wang, H. (2019). Research on Industrial Integration and Upgrading of Artificial Intelligence and Real Economy. *2019 12th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA)*, 692–695. <https://doi.org/10.1109/ICICTA49267.2019.00152>

Dicker, J. J., Pennock, G. R., & Shigley, J. E. (2017). *THEORY OF MACHINES AND MECHANISMS*. 744.

E, B., Flaih, L. R., Yuvaraj, D., K, S., Jayanthiladevi, A., & Kumar, T. S. (2019). Use Case of Artificial Intelligence in Machine Learning Manufacturing 4.0. *2019 International Conference on Computational Intelligence and Knowledge Economy (ICCIKE)*, 656–659.

<https://doi.org/10.1109/ICCICE47802.2019.9004327>

Eric, N., & Jang, J.-W. (2017). Kinect depth sensor for computer vision applications in autonomous vehicles. *2017 Ninth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)*, 531–535. <https://doi.org/10.1109/ICUFN.2017.7993842>

Fan, R., Moallemi, A., Zhang, Y., Chen, L., Zhao, Y., Wu, Z., Nagamune, R., Chou, K., Zeng, H., & Chiao, M. (2019). A Hybrid Pneumatic and Piezoelectric 3d Micro Scanner for Cancer Imaging. *2019 20th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems & Eurosensors XXXIII (TRANSDUCERS & EUROSENSORS XXXIII)*, 1568–1571. <https://doi.org/10.1109/TRANSDUCERS.2019.8808579>

Federación Española de Bádminton, Serrano Vílchez, D., Arce Osuna, I., & Cabello Manrique, D. (2015). *Bádminton: Reglas de juego*. Federación Española de Bádminton.

Femmam, S. (2017). Actuators: Modeling and Analysis. In *Signals and Control Systems* (pp. 117–159). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119384649.ch3>

Galín, R., & Meshcheryakov, R. (2019). Automation and robotics in the context of Industry 4.0: The shift to collaborative robots. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 537, 032073. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/537/3/032073>

Gasparetto, A., & Scalera, L. (2019). A Brief History of Industrial Robotics in the 20th Century. *Advances in Historical Studies*, 08(01), 24–35. <https://doi.org/10.4236/ahs.2019.81002>

Grau, A., Indri, M., Bello, L. L., & Sauter, T. (2017). Industrial robotics in factory automation: From the early stage to the Internet of Things. *IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 6159–6164. <https://doi.org/10.1109/IECON.2017.8217070>

Hu, F., Chuan, L., Xu, Y., & You, Z. (2019). Large-Displacement Micro Pneumatic Actuators Based on Corrugated Parylene Film. *2019 20th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems & Eurosensors XXXIII (TRANSDUCERS & EUROSENSORS XXXIII)*, 76–79. <https://doi.org/10.1109/TRANSDUCERS.2019.8808813>

Imamovic, M., Hadžikadunić, F., Talić-Čikmiš, A., & Bošnjak, A. (2019). Examples of kinematic analysis of complex mechanism using modern software applications. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 659, 012019. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/659/1/012019>

Krause, P. C., Wasynczuk, O., & Sudhoff, S. D. (2009). Brushless dc Motor Drives. In *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/9780470544167.ch15>

Kumaraswamy, H. S., Vishnu, P., Bharath, V., & Krishna Rao, T. (2020). Microstructure and

Mechanical Properties of sintered Al 2024 hybrid MMCs. *Journal of Physics: Conference Series*, 1455, 012024. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1455/1/012024>

Kyfonidis, C., Moumoutzis, N., & Christodoulakis, S. (2017). Block-C: A block-based programming teaching tool to facilitate introductory C programming courses. *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 570–579. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2017.7942903>

Lemeshko, M. A., Kozhemiachenko, A. V., & Iliev, A. G. (2019). Adaptive drive and adaptive mechanisms of technological machines. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 564, 012080. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/564/1/012080>

Li, H. (2020). Analysis of porosity in welding of titanium alloy. *2020 3rd International Conference on Electron Device and Mechanical Engineering (ICEDME)*, 486–489. <https://doi.org/10.1109/ICEDME50972.2020.00116>

Li, X., & Zhong, M. (2019). Hardware Design of Basketball Robot based on Flyback Topology and Verilog HDL. *Journal of Physics*, 6.

Li, Y., & Jiang, S. (2019). Application of Gait Recognition Technology in Badminton Action Analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 1345, 052008. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1345/5/052008>

Liu, H. (2020). Research on the Application of Artificial Intelligence in Energy Science and Engineering Monitoring Software Engineering Technology under the Background of Big Data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 440, 032058. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/440/3/032058>

Liu, J., Jian, F., & Liu, J. (2015). *Four Degrees of Freedom SCARA Robot Modeling and Simulation*. 3.
Liu, Z.-S. (2019). Design and Research of Permanent Magnet Brushless DC Direct Drive Hub Motor. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 644, 012009. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/644/1/012009>

Luncanu, A., & Stan, G. (2019). Research on the influence of straightness deviations on positioning precision of Cartesian industrial robots. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 591, 012081. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/591/1/012081>

M. Y. Kuo, M., Andalarn, S., & S. Roop, P. (2016). Precision Timed Industrial Automation Systems. *Proceedings of the 2016 Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE)*, 1024–1025. https://doi.org/10.3850/9783981537079_0186

Merticaru, E., Budescu, E., & Iacob, R. M. (2016). Biomimetics of throwing at basketball. *Materials Science and Engineering*, 9.

Mohammed, O. T., & Heidari, M. (2020). *A BETTER HUMAN-MACHINE INTERACTION*. 5.

Monett, D., & Lewis, C. (2018). Getting Clarity by Defining Artificial Intelligence—A Survey. In

Studies in Applied Philosophy, Epistemology and Rational Ethics (pp. 212–214).
https://doi.org/10.1007/978-3-319-96448-5_21

Mori, S., Tanaka, K., Nishikawa, S., Niiyama, R., & Kuniyoshi, Y. (2019). High-Speed Humanoid Robot Arm for Badminton Using Pneumatic-Electric Hybrid Actuators. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 4(4), 3601–3608. <https://doi.org/10.1109/LRA.2019.2928778>

Nandgave, A., Deshbhratar, H., & Khandare, S. (2016). Industrial Drives & Automation using PLC. *International Journal of Engineering Research*, 3(2), 7.

Nyein, A. K., Thu, T. T., Barsoum, N., Uatrongjit, S., & Vasant, P. (2016). INTELLIGENT ARTICULATED ROBOT. *AIP Conference Proceedings*, 1052, 142–146.
<https://doi.org/10.1063/1.3008658>

Ong, R. J. (2019). Low Cost Autonomous Robot Cleaner using Mapping Algorithm based on Internet of Things (IoT). *Materials Science and Engineering*, 11.

Phomsoupha, M., & Laffaye, G. (2015). The Science of Badminton: Game Characteristics, Anthropometry, Physiology, Visual Fitness and Biomechanics. *Sports Medicine*, 45, 473–495.
<https://doi.org/10.1007/s40279-014-0287-2>

Rahmad, N. A., As'ari, M. A., Soeed, K., & Zulkapri, I. (2020). Automated badminton smash recognition using convolutional neural network on the vision based data. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 884, 012009. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/884/1/012009>

Ravi, B., & Gupta, M. S. (2018). Design and Development of Automotive Carbon Fiber Bracket. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 455, 012126.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/455/1/012126>

Romanova, N., Kakhrimanova, D., Semenova, A., Safronova, A., & Belyaeva, E. (2020). Development of artificial intelligence as a modern business technology using the transport industry as an example. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 918, 012065.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/918/1/012065>

Salim, M. S., Lim, H. N., Salim, M. S. M., & Baharuddin, M. Y. (2016). Motion analysis of arm movement during badminton smash. *2016 IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES)*, 111–114. <https://doi.org/10.1109/IECBES.2010.5742210>

Sclater, N., & Chironis, N. P. (2016). *Mechanisms & mechanical devices sourcebook* (3rd ed). McGraw-Hill.

Serikitkankul, P., Seki, H., Hikizu, M., & Kamiya, Y. (2016). The Effects of Negative Driving Torque in Servomotor Drivers. *2016 SICE-ICASE International Joint Conference*, 876–879.
<https://doi.org/10.1109/SICE.2006.315412>

Shi, H., & Tan, Y. (2020). A Robot Self-Positioning System based on Robust EKF Using Degree of Confidence. *Journal of Physics: Conference Series*, 1575, 012134. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1575/1/012134>

Singh, A., Gupta, T., & Korde, M. (2017). Bluetooth controlled spy robot. *2017 International Conference on Information, Communication, Instrumentation and Control (ICICIC)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICOMICON.2017.8279135>

Sundareswaran, V., Yuan, H., Song, K., Kimchi, J., & Lei, J.-F. (2016). ELECTRO-OPTICAL INFRARED SENSOR TECHNOLOGIES FOR THE INTERNET OF THINGS. In H. Geng (Ed.), *Internet of Things and Data Analytics Handbook* (pp. 167–185). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119173601.ch10>

Talpasanu, I., & Talpasanu, A. (2019). *Mechanics of Mechanisms and Machines*. <https://doi.org/10.1201/9780429398308>

Tamura, Y., Amano, H., & Ota, J. (2020). Analysis of firefighting skill with a teleoperated robot. *ROBOMECH Journal*, 7(1), 26. <https://doi.org/10.1186/s40648-020-00177-y>

Tan, D. Y. W., Ting, H. Y., & Lau, S. B. Y. (2016). A review on badminton motion analysis. *2016 International Conference on Robotics, Automation and Sciences (ICORAS)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICORAS.2016.7872604>

Toyama, S., Ikeda, F., & Yasaka, T. (2016). Sports Training Support Method by Self-Coaching with Humanoid Robot. *Journal of Physics: Conference Series*, 744, 012033. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/744/1/012033>

Wang, S. (2020). Trend of Competitive Sports Reform under the Background of Artificial Intelligence. *Journal of Physics: Conference Series*, 1533, 032043. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1533/3/032043>

Wang, W., & Siau, K. (2019). Artificial Intelligence, Machine Learning, Automation, Robotics, Future of Work and Future of Humanity: A Review and Research Agenda. *Journal of Database Management (JDM)*, 30(1), 61–79. <https://doi.org/10.4018/JDM.2019010104>

Wei, X. (2018). The application and development of artificial intelligence in smart clothing. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 320, 012017. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/320/1/012017>

Xusha, Dengjiahao, Duanzuodong, & Fanqiang. (2018). Tracking and Locating Moving Targets Based on Kinect. *Journal of Physics: Conference Series*, 1098, 012027. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1098/1/012027>

Zhao, L., Li, X., & Chen, Z. (2020). Ping pong alphago integrated table tennis service robot.

Journal of Physics: Conference Series, 1549, 032117. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1549/3/032117>

Zhou, C. (2020). Finite Element Analysis of Badminton Engineering Mechanics Driven by Computer-aided Technical Movement. *Journal of Physics: Conference Series*, 1578, 012021. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1578/1/012021>

Zhou, H., Lin, J., Liu, L., & Tao, M. (2017). Sensor module design and forward and inverse kinematics analysis of 6-DOF sorting transferring robot. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 231, 012091. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/231/1/012091>