



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL
ECUADOR**

**ESCUELA DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍAS
APLICADAS**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO, DE
DETECCIÓN DE PUNTAJES AUTOMATIZADO EN “BLANCOS O DIANAS”
PARA UN POLÍGONO DE TIRO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

MIGUEL SAONA DOMÍNGUEZ

DIRECTOR:

ING. ALEXANDER PALACIOS

Febrero 2014

QUITO - ECUADOR

DECLARACIÓN

Yo, MIGUEL SAONA DOMÍNGUEZ declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mí autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que se ha investigado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Internacional del Ecuador, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por normativa institucional vigente.

.....

MIGUEL SAONA DOMÍNGUEZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por MIGUEL SOANA DOMINGUEZ, bajo mi supervisión.

ING. ALEXANDER PALACIOS

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la fuerza e inteligencia para poder cumplir esta voluntad de obtener el título de Ingeniero en Mecatrónica.

El sincero agradecimiento al Ing. Ramiro Brito quien fue parte de mi carrera profesional desde que ingresé a la universidad.

Al Ing. Hernán Lara que contribuyó con su conocimiento y tiempo al desarrollo de la tesis presentada.

A mis padres, mi hermana y mi novia por haberme dado su apoyo incondicional en todo momento para cumplir la meta propuesta.

DEDICATORIA

A mi familia, mi novia y todos quienes me brindaron su confianza y me apoyaron permanentemente en forma directa e indirectamente en el empeño de culminar este proyecto, permitiéndome que llegue a materializar este anhelo.

A mi Universidad, docentes y maestros quienes, con su dedicación entregaron sus conocimientos y sabiduría. Formaron un profesional en mi persona y de esta manera terminar satisfactoriamente con la carrera.

A mis amigos, que de una u otra forma proporcionaron y transmitieron sus conocimientos, sus experiencias y en especial su amistad, compañerismo y don de gente, permitiendo de esta forma llegar a ser un grupo unido.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
1.1. Tema o Título del Proyecto	1
1.2. Planteamiento del Problema	1
1.3. Formulación y Sistematización del Problema.....	1
1.4. Objetivos de la Investigación.....	2
1.4.1 Objetivo General	2
1.4.2 Objetivos Específicos.....	2
1.5. Justificación del Proyecto.....	3
1.5.1. Justificación Teórica	3
1.5.2 Justificación Metodológica	4
1.5.3 Justificación Práctica	5
1.6 Marco de Referencia.....	5
1.6.1 Marco Teórico	5
1.6.2 Historia de los polígonos de tiro	7
1.6.3 Tipos de Polígonos	8
1.6.4 Polígonos de tiro en Ecuador.....	11
1.7 Hipótesis de Trabajo	12
Capítulo 2.....	13
2.1 Análisis y Selección de Alternativas	13
2.1.1 Requisitos de Diseño	13
2.2 Matriz Morfológica.....	13
2.3 Subsistemas.....	14
2.3.1 Subsistema A: Estructura	15
2.3.2 Subsistema B: Mecanismos.....	21
2.3.3 Subsistema C: Instrumentación	29
2.3.4 Subsistema D: Adquisición de datos y control	36
Capítulo 3.....	38
3.1 Etapa 1 – sistema MECÁNICO	38
3.2 Etapa 2 – sistema ELÉCTRICO – ELECTRÓNICO	39
3.3 ETAPA 3 – sistema de control	39
3.4 Sistema de movimiento.....	40
3.5 Etapa de alimentación.....	56

3.6	Etapa de detección de puntajes	59
3.7	Etapa de almacenamiento.....	65
3.8	ETAPA DE comunicación.....	69
3.9	Sistema eléctrico y control	74
3.10	CIRCUITOS DEL SISTEMA.....	79
3.11	Análisis de elementos finitos del sistema mediante el software Solidworks 85	
3.12	Diagrama de flujo de control	94
Capítulo 4.....		98
4.1	Especificaciones técnicas	98
4.2	Cargas mínimas y máximas	98
4.3	Análisis de costos.....	99
4.4	Diseño en SolidWork del Prototipo.....	104
CONCLUSIONES.....		106
RECOMENDACIONES		108
BIBLIOGRAFÍA		109
ANEXOS		111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de entrenamiento de tiro	6
Figura 2: Línea de tiempo – La pistola	7
Figura 3: Campo de tiro de Carpark (EE UU).....	9
Figura 4: Polígono de tiro al aire libre.....	9
Figura 5: Polígono de tiro cubierto	10
Figura 6: Corte lateral de sistema Atrapa-balas	10
Figura 7: Polígono de tiro móvil.....	11
Figura 8: Polígono de tiro	11
Figura 9: Polígono de tiro móvil.....	12
Figura 10: Perfil de Acero - Aluminio	16
Figura11: Perfil de Aluminio	16
Figura 12: Madera	17
Figura 13: Composición de un mecanismo.	21
Figura 14: Funcionamiento de una cadena	22
Figura 15: Mecanismo cremallera – piñón	23
Figura 16: Perfil 8 80x40	27
Figura 17: Estator de un motor DC de imanes permanentes	28
Figura 18: Rotor de un motor DC de imanes permanentes.....	28
Figura 19: Motor de imán permanente	29
Figura 20: Sensor FlexiForce	29
Figura 21: Sensor Malla Metálica.....	31
Figura 22: Sensor de Fuerza.....	32
Figura 23: Final de Carrera	36
Figura 24: Microcontrolador PIC 16F877A	37
Figura 25: Diseño Sistema Mecánico.....	38
Figura 26: Diseño Sistema Eléctrico-Electrónico.....	39
Figura 27: Diseño Sistema de Control.....	39
Figura 28: Diagrama de Cuerpo Libre	41
Figura 29: Motor DC marca BOSCH	42
Figura 30: Gráfico para la selección de cadenas Norma ISO 606	43
Figura 31: Elección del número de dientes Z1 de piñón	45

Figura 32: Características del Perfil	48
Figura 33: Calculo de flexión con carga 3 según el fabricante	48
Figura 34: Diagrama de.....	49
Figura 35: Calculo por Software - Inercia	53
Figura 36: Longitudes efectivas de Columnas.....	54
Figura 37: Fuente de alimentación de computadora y especificaciones	57
Figura 38: Cargador de celular	58
Figura 39: Etapa de detección de Puntajes.....	59
Figura 40: Target.....	60
Figura 41: Perfil del Target.....	61
Figura 42: Bloque de escritura y lectura para identificar el dato.....	61
Figura 43: Case Structure	62
Figura 44: Acumuladores	62
Figura 45: Multiplicador	63
Figura 46: Multiplicador - Propiedades.....	63
Figura 47: Bloque sumador – Total Puntaje	64
Figura 48: Bloque sumador – Total Puntaje	64
Figura 49: herramienta para almacenar los datos.	65
Figura 50: Ventana de configuración para almacenar datos	65
Figura 51: Ventana para guardar el archivo	66
Figura 52: Ventana de configuración para almacenar datos	66
Figura 53: Ventana de configuración.....	67
Figura 54: Características de la herramienta para almacenar los datos.	68
Figura 55: Visualización de los archivos	68
Figura 56: Selección de la aplicación para visualizar los datos.....	68
Figura 57: Modulo de comunicación serial	69
Figura 58: Descripción del puerto de configuración serial, escritura y lectura.....	70
Figura 59: Descripción del puerto de configuración serial.....	70
Figura 60: Descripción del bloque de escritura y lectura.....	70
Figura 61: Descripción del bloque de escritura	71
Figura 62: Descripción del bloque de lectura	71
Figura 63: Descripción del bloque de procesamiento de datos.....	71
Figura 64: Descripción del bloque de presentación de datos.....	72

Figura 65: Descripción de los cuadros para guardar los datos.	72
Figura 66: Descripción de los cuadros para reiniciar las pruebas.	73
Figura 67: Descripción de los cuadros para visualización.....	73
Figura 68: Acondicionamiento del sensor FSR	74
Figura 69: Esquema de diseño del circuito de enclavamiento	75
Figura 70: Esquema de circuito de amplificación	76
Figura 71: Esquema de diseño del circuito de enclavamiento en ISIS.....	76
Figura 72: Relé 5V	77
Figura 73: Transistor 2N3904.....	78
Figura 74: Fototransistor ECG3040.....	78
Figura 75: Esquema de diseño del circuito de Cambio de Giro.....	79
Figura 76: Target, placas A, B, C	79
Figura 77: Esquema de diseño de circuito de control r	80
Figura 78: Acondicionamiento de los sensores placa A	81
Figura 79: Acondicionamiento de los sensores placa B	82
Figura 80: Acondicionamiento de sensores placa C	83
Figura 81: Esquema de diseño de circuito de control de Giro y Velocidad	84
Figura 82: Cálculo de fuerzas en el cuadro que recibe los impactos	85
Figura 83: Selección de Material de las Placas.....	87
Figura 84: Ensayo Charpy.....	89
Figura 85: Cálculo de fuerzas en el carril móvil.....	89
Figura 86: Fuerza gravitacional aplicada al carril fijo.....	90
Figura 87: Cálculo de fuerzas en perfil bastidor	91
Figura 88: Resultados Obtenidos	92
Figura 89: Resultados Obtenidos	93
Figura 90: Resultados Obtenidos	93
Figura 91: Funcionamiento del Sistema	94
Figura 92: Diagrama de flujo de control principal	94
Figura 93: Diagramas de flujos para detección de disparos modo 1.....	95
Figura 94: Diagramas de flujos para detección de disparos modo 2.....	96
Figura 95: Diagramas de flujos para detección de disparos modo 3.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación de precios del tipo de munición.....	6
Tabla 2: Requisitos del sistema.....	13
Tabla 3: Ventajas y Desventajas – Perfil de Acero.....	16
Tabla 4: Ventajas y Desventajas – Perfil de Aluminio.	17
Tabla 5: Ventajas y Desventajas – Madera.....	18
Tabla 6: Criterios de selección del subsistema A.....	19
Tabla 6.1: Evaluación del criterio de manufactura.....	19
Tabla 6.2: Evaluación del criterio de peso.....	19
Tabla 6.3: Evaluación del criterio de estabilidad	20
Tabla 6.4: Evaluación del criterio de Costo	20
Tabla 6.5: Tabla de Conclusiones - Prioridad.....	20
Tabla 7: Ventajas y Desventajas – Cadena - Piñón.	22
Tabla 8: Ventajas y Desventajas – Piñón - Cremallera.	23
Tabla 9: Criterios de selección del subsistema B.....	25
Tabla 9.1: Evaluación del criterio de Costo	25
Tabla 9.2: Evaluación del criterio de Control de Velocidad	25
Tabla 9.3: Evaluación del criterio de Optimización de Espacio	26
Tabla 9.4: Evaluación del criterio de Disponibilidad de Repuestos	26
Tabla 9.5: Evaluación del criterio de Tiempo de vida Útil.....	26
Tabla 9.6: Tabla de Conclusiones - Prioridad.....	26
Tabla 10: Ventajas y Desventajas – Sensor FlexiForce.	30
Tabla 11: Ventajas y Desventajas – Sensor Malla Metálica.....	31
Tabla 12: Ventajas y Desventajas – Sensor de Fuerza.....	32
Tabla 13: Criterios de selección del subsistema C.....	33
Tabla 13.1: Evaluación del criterio de Estabilidad	33
Tabla 13.2: Evaluación del criterio de Robustez	34
Tabla 13.3: Evaluación del criterio de Instalación	34
Tabla 13.4: Evaluación del criterio de Ambiente	34
Tabla 13.5: Evaluación del criterio de Costo	35
Tabla 13.6: Tabla de Conclusiones - Prioridad.....	35
Tabla 14: Factores para cálculo de transmisión por cadena.	42

Tabla 15: Velocidad máxima según tipo de cadena	43
Tabla 16: Factores de Servicio	44
Tabla 17: Relación de transmisión y distancia entre centros	46
Tabla 18: Límites de flexión recomendados	52
Tabla 19: Especificaciones Eléctricas de las fuentes utilizadas	56
Tabla 20: Especificaciones eléctricas del motor	57
Tabla 21: Tabla de Mediciones	57
Tabla 22: Características del sistema	98
Tabla 23: Costos de Materia Prima	100
Tabla 24: Costos de Elementos Seleccionados	101
Tabla 25: Costos de Maquinado.....	102
Tabla 26: Costos Total Directo	102
Tabla 27: Costos Materiales Consumibles	102
Tabla 28: Costos Total Indirectos.....	103
Tabla 29: Costos Total del Proyecto	103

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 - Tesis	112
ANEXO 2 – Planos.....	113
ANEXO 3 – Manual de Usuario.....	114
ANEXO 4 – Interfaz Gráfica	115
ANEXO 5 – Programa en Labview	116
ANEXO 6 – Datasheet del Motor.....	117
ANEXO 7 – Ruteado Electrónico y sus Modelos 3D	118
ANEXO 8 – Programación.....	120
ANEXO 9 – Fotografías.....	125

RESUMEN

En el presente proyecto de tesis se desarrolla la automatización de blancos o dianas de un polígono de tiro para la detección de impactos, mediante el uso de pistolas con CO₂. Mostrar el puntaje obtenido durante la práctica, el diseño mecánico contempla la selección y diseño de los componentes del sistema el cual se lo realizó en el programa SolidWorks. El diseño electrónico se basa en la selección de un microcontrolador el cual controla el movimiento horizontal del sistema. Se maneja sensores de fuerza resistivos (FSR), sensores de posición y la interfaz humano-máquina (HMI) planteada en Labview que permitió el desarrollo de una interfaz de fácil entendimiento para el usuario. En la programación, se utiliza código C, aplicado para la detección de los 3 tipos de puntajes que tiene el blanco.

Palabras Calves: Automatización, Polígono de Tiro, Sensor de fuerza Resistivo (FSR), Blanco, Target.

ABSTRACT

In this thesis project, the automation targets of a shooting range for the detection of the impacts is developed by using CO2 gun to show the score obtained during the practice. The mechanical design provides for the selection and design of system components with the correct validation in SolidWorks software. The electronic design is based on the selection of a microcontroller which controls the horizontal movement of the system. Resistive force sensors (FSR), position sensors and human-machine interface (HMI) in LabView which allowed the development of an interface easy to understand for the user is handled. In the programming of the system, C-code applied for detection of the 3 types of scores of the target.

Keywords: automation, polygon, force-sensing resistor (FSR), target.

CAPÍTULO I

1.1. TEMA O TÍTULO DEL PROYECTO

Diseño y construcción de un sistema mecatrónico, de detección de puntajes automatizado en “blancos o dianas” para un polígono de tiro

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en los polígonos de tiro tradicionales no cuentan con un sistema para la detección de puntajes, esto quiere decir que de manera manual las personas tienen que acercarse necesariamente al blanco para poder identificar y anotar en que parte exactamente fue el impacto y su debido puntaje.

En cuanto a la parte técnica, el tiempo de entrenamiento de los practicantes es más largo ya que después de cada disparo tienen que realizar el mismo procedimiento antes mencionado para poder llevar un registro de sus puntajes. Al automatizar los blancos o dianas, se evitará el proceso que los practicantes realizan después de cada disparo, que es una parte tediosa en los entrenamientos. Logrando optimizar tiempos y la mayor exactitud posible.

Llegando a la siguiente conclusión: Los procesos manuales para la obtención de puntajes son inexactos e ineficientes. Por tal razón este proyecto va enfocado en automatizar el proceso de detección de puntajes para reducir costos, tiempos de entrenamiento, precisión de detección y adicionalmente dándole un extra al proyecto, con el movimiento del blanco lo cual puede ser considerado para prácticas de tiro con situaciones reales.

1.3. FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Existe Tecnología necesaria en nuestro país para automatizar los blancos de un polígono de tiro?

¿Cómo realizar la detección de manera automática, para saber los puntajes obtenidos durante la práctica?

¿Es posible simular entornos con situaciones reales dentro del polígono, para poder realizar las prácticas?

¿Se puede crear un sistema de almacenamiento de información?

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y Construir un Sistema Mecatrónico, de Detección de Puntajes Automatizado en “Blancos o Dianas” de un Polígono de Tiro”.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Implementar sensores de fuerza, que se puedan acoplar al blanco o diana; y obtener los puntajes de manera automática según el impacto en los diferentes segmentos.

Implementar un mecanismo de movimiento horizontal, el cual será controlado con un microcontrolador, para un desplazamiento de 1 metro con una velocidad máxima aproximada de 50 cm/s, en el cual se pueda adaptar los blancos o dianas.

Crear un programa con una interfaz amigable para el usuario, en el cual se ingresaran los datos del practicante y se podrá seleccionar el tipo de entrenamiento.

Generar un reporte de progreso del entrenamiento realizado por el practicante.

Realizar un análisis de materiales para poder determinar la durabilidad y resistencia de los blancos o dianas.

Implementar un self-test al sistema a realizar y elaborar un manual de usuario para dar a conocer el funcionamiento, instalación y mantenimiento del mismo.

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Los aportes de esta investigación son para un bien común el cual será ayudar a todas las empresas de seguridad, fuerzas policiales y militares interesadas en la automatización de los polígonos y de esta manera reducir precios de entrenamiento, para que puedan mantener a su personal en constante preparación y según los reglamentos que la ley dice.

Hoy en día el Gobierno Ecuatoriano aprobó la nueva ley para guardias de seguridad privada 2012, en la cual exige que cumplan un curso de capacitación para poder obtener un certificado y operar en su campo de trabajo.

En la Editorial EL COMERCIO se habló:

“Existe un grupo de más de 20 vigilantes que se instruyeron en el Instituto de Capacitación en Seguridad Integral (Incasi), en Quito, como parte de los requerimientos que exige la Ley para capacitar a la gente que trabaja en empresas privadas de seguridad. Para el director de esa entidad, Marco Heredia, uno de los problemas que afronta el país es que la mayoría de guardias no están preparados. “Son pocas las empresas que capacitan al personal, como exigen las leyes”, dice.

A escala nacional hay cerca de 80 000 celadores que trabajan en 750 compañías. Según la Cámara de Seguridad privada del Ecuador (Casepec), “de ellos, un 80% no está capacitado”.

A eso se suma que solo dos entidades tienen las autorizaciones del Ministerio del Interior para capacitar a los guardias de seguridad en el país: Incasi y Capacitación y Asesoramiento Integral de Seguridad (Capaseg).”¹

¹ Editorial EL COMERCIO, Jueves 12/07/2012, http://www.elcomercio.com/seguridad/oferta-capacitacion-guardias-seguridad-escasa_0_734926784.html

Con esta aportación, sabemos que el Ministerio del Interior aprobó a estas instituciones las cuales van a brindar el servicio de capacitación a personal de seguridad.

Lo cual permitirá desarrollar en este proyecto y ofrecer la idea del mismo, para beneficiar y reducir costos de entrenamiento; pudiendo implementar el sistema automatizado.

¿Por qué implementar un sistema de detección de puntajes automáticos en este caso los llamados blancos o dianas de un polígono de tiro?

Después de un análisis para la implementación del sistema de detección de puntajes en los llamados blancos móviles o fijos en polígonos de tiro con pistolas que funcionan con CO₂. Se podrá tener algunos beneficios. Es hora de innovar el aprendizaje y el entrenamiento de las personas que laboran en seguridad.

Se disminuirá costos de entrenamiento, notablemente. La persona que está siendo entrenada, debe llegar a tener un nivel avanzado, esto solo se puede lograr mediante la práctica constante. Para esto se requiere de mucho dinero, como se mencionó anteriormente la munición para una arma de fuego está costando alrededor de 2 a 3 USD.

La idea principal de la automatización de este proceso es que el personal que está siendo capacitado, pueda realizar prácticas con una mayor cantidad de disparos para poder perfeccionar su puntería y eficiencia al momento de disparar. Así después de la práctica con la pistola de aire, pasará a un polígono en el cual se usará el arma de fuego y con tan solo una cantidad de 5 a 10 disparos, podrán demostrar la habilidad y rendimiento que obtuvieron.

1.5.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Se creará el sistema de detección de puntajes en los “Blancos o Dianas” de los polígonos de tiro, para así sustituir procesos manuales tales como la obtención de la puntuación, estadísticas y resultados personales.

La idea de este primer modelo es poder dejar una aplicación a la cual se la pueda modificar en un futuro. Como por ejemplo, creando un polígono virtual en donde se podrán simular situaciones reales.

Para esto los costos y tecnología de implementación serían más altos.

En nuestro país existe un polígono virtual en la ciudad de Guayaquil en el Comité Olímpico Ecuatoriano (COE), el cual es usado por deportistas que practican esta disciplina.

1.5.3 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Poder sustituir los procesos manuales realizados por el hombre a procesos automáticos que puedan ser controlados desde un ordenador.

Al implementar la idea de la detección de puntajes en los polígonos de tiro, se optimiza procesos, se obtiene mejor rendimiento en el tiempo de ejecución de la práctica y disminuir costos.

1.6 MARCO DE REFERENCIA

1.6.1 MARCO TEÓRICO

Distintas empresas e instituciones que brindan servicios de seguridad privada, guardianía, escoltas que tienen la obligación de realizar prácticas y preparar a su personal en cuanto al manejo de armas. Para ello tienen que capacitar obligatoriamente a todas las personas que van a portar armas.

Uno de los problemas principales en el Ecuador al momento de realizar una capacitación o entrenamiento de tiro, son los altos costos que representa este tipo de práctica. Adicionalmente los procesos para obtener los puntajes se los realiza de una manera “Rústica o Manual”.

Por esto, se plantea la idea de realizar un sistema en el cual se pueda detectar los puntajes de una manera automática, poder implementar blancos fijos o móviles según el tipo de entrenamiento, almacenar todos los puntajes que tuvo cada usuario en la práctica y así poder evaluar el progreso de los mismos.

Según expertos en seguridad se obtienen mejores resultados cuando se practica con pistolas de gas comprimido (CO₂). El costo del entrenamiento es mucho más barato, se pueden ejecutar una mayor cantidad de disparos.

El proyecto se verá reflejado en la reducción de costos.

Mediante investigaciones realizadas se ha obtenido una comparación de costos relacionados con la munición real y la munición de armas de CO2, con los siguientes resultados:

*	Munición usada con Pistola real 9 mm (bala)	Munición usada con Pistola de aire Perdigones
Costo (c/u)	2 – 3 \$ (Dólares)	0.01 \$ (Centavos)

Tabla 1: Comparación de precios del tipo de munición

Fuente: El autor

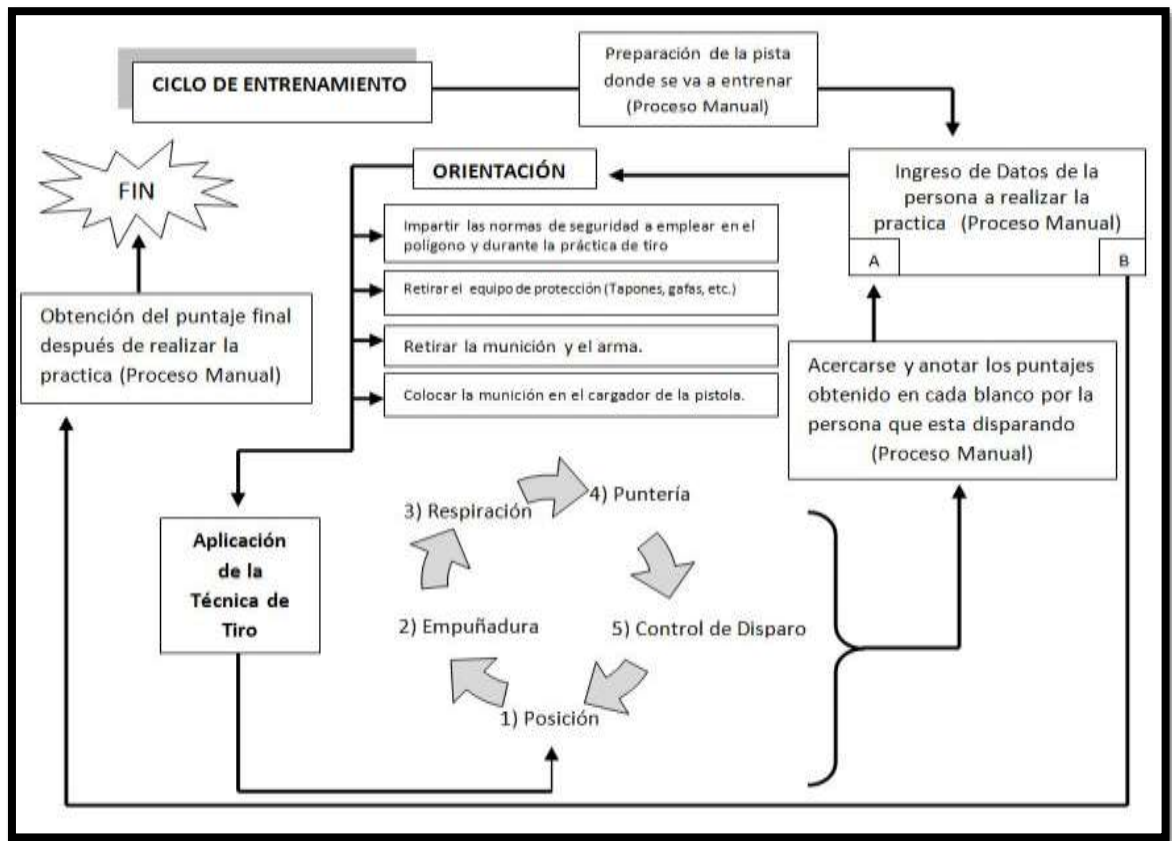


Figura 1: Ciclo de entrenamiento de tiro

Fuente: El autor

1.6.2 HISTORIA DE LOS POLÍGONOS DE TIRO

En este capítulo se analiza los conceptos básicos que permiten llevar a cabo la investigación en los siguientes capítulos, partiendo desde donde se originaron los polígonos de tiro, analizando cada una de las formas, manejos, aplicaciones y prácticas que se aplica en este medio.

ANTECEDENTES

A través de la historia como se menciona en el artículo:

*“Grabados en cuevas, vasijas y ornamentos antiguos, demuestran que en las primeras culturas, el tiro en sus formas más primitivas a modo de lanzamientos, era base fundamental de su civilización.”*² Las civilizaciones lograron tener un desarrollo para la subsistencia alimentaria, y por otro lado también lo realizaban en forma de práctica en sus momentos libres.

En la siguiente imagen se observa la evolución de las armas a través del tiempo:

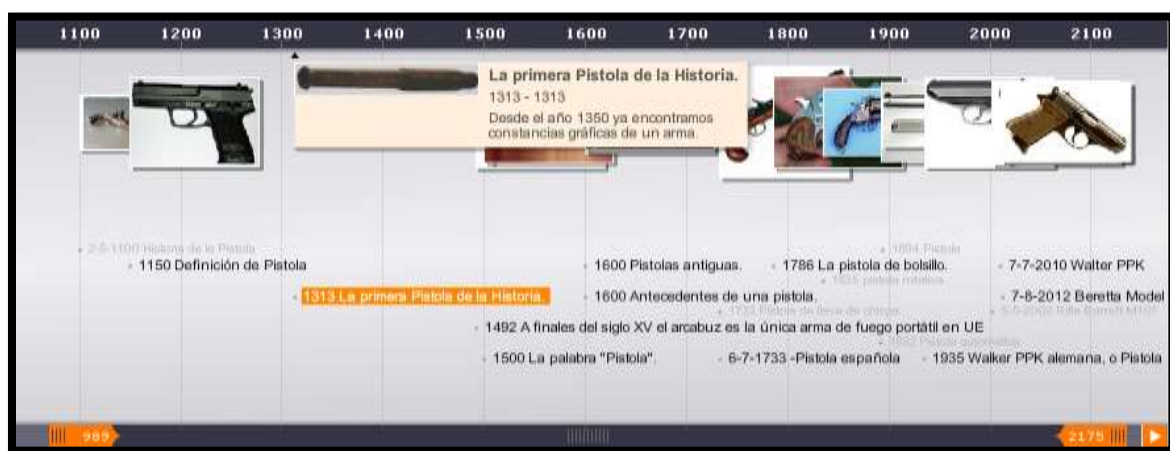


Figura 2: Línea de tiempo – La pistola

Fuente: TimeRime, La primera Pistola de la Historia,

<http://timerime.com/es/evento/2013905/La+primera+Pistola+de+la+Historia/>

Una de las primeras armas de fuego consistía en un tubo metálico, cerrado por un extremo, llamado "culata" y en la parte superior de esta existía un orificio, el fogón.

²http://www.sportsandhealth.com.pa/index.php?option=com_content&view=article&catid=20%3Adeportes&id=89%3Ael-tiro-al-blanco-un-deporte-de-precision-&Itemid=72, Publicado el Jueves, 30 de Abril 2009, 21:25.

El nombre “pistola” parece provenir de Italia, el calificativo que se le dio a un pequeño puñal fabricado en Pistola, ciudad toscana ubicada junto a Florencia.

Las primeras prácticas de tiro al blanco se dieron con armas pequeñas, a partir de la invención del *“rifle y de la pistola”*.³

Con el pasar del tiempo, los polígonos de tiro fueron tomando forma y su uso no solo era enfocado como un deporte, las Fuerzas Armadas y las Fuerzas Policiales de distintas partes del mundo, lo requerían para el entrenamiento de su personal.

Hoy en día centros privados de capacitación del personal de seguridad privada y civil también poseen diferentes tipos de polígonos para poder brindar su entrenamiento, hay que recalcar que estos centros privados de capacitación deben cumplir con un reglamento establecido y la experiencia de especialistas en la materia y reglas en materia de seguridad, que están presentes en normas internacionales que regulan la actividad de las instituciones de tiro y polígonos.

1.6.3 TIPOS DE POLÍGONOS

1.6.3.1 Campos de Tiro

Son lugares apartados de la civilización, de forma permanente o muchas veces transitoria, para la práctica con armas de fuego, evitando así accidentes debido a la trayectoria de la bala.

En este tipo de instalaciones se practica el denominado “Tiro Práctico”.⁴

³ SPORTS&HEALTH, El Tiro al Blanco un deporte de precisión,
http://www.sportsandhealth.com.pa/index.php?option=com_content&view=article&id=89:el-tiro-al-blanco-un-deporte-de-precision&catid=20&Itemid=77

⁴ TIRO PRACTICO POLICIAL por Jorge Sáenz, Instalaciones para tiro,
<http://jsaenz4400.tripod.com/tirotacticopolicial/index.html>



Figura 3: Campo de tiro de Carpark (EE UU)

Fuente: Jorge Saenz, Tiro Táctico Policial, <http://jsaenz4400.tripod.com/tirotacticopolicial/id2.html>

1.6.3.2 Polígonos de tiro al aire libre

Son instalaciones que tienen para-balas laterales y verticales, los cuales ayudan a bloquear la trayectoria del proyectil.

Una de las características de estos polígonos es que el practicante, “no debe ver cielo”, ya que se encuentran al aire libre y debido a la cantidad de luz no se puede observar el blanco.



Figura 4: Polígono de tiro al aire libre

Fuente: Jorge Saenz, Tiro Táctico Policial, <http://jsaenz4400.tripod.com/tirotacticopolicial/id2.html>

1.6.3.3 Polígonos de tiro cubiertos

Son centros de práctica los cuales tienen sistemas de traslado de blancos, iluminación y ventilación. Hay que recalcar que no se usa el para-balas o espaldón de los polígonos externos. El sistema utilizado es el llamado atrapa balas de acero, tipo "caracol".



Figura 5: Polígono de tiro cubierto

Fuente: Jorge Saenz, Tiro Táctico Policial, <http://jsaenz4400.tripod.com/tirotacticopolicial/id2.html>

En la figura 6, se puede observar en detalle, un corte lateral del sistema atrapa-balas de acero "caracol", en rampa hacia arriba.

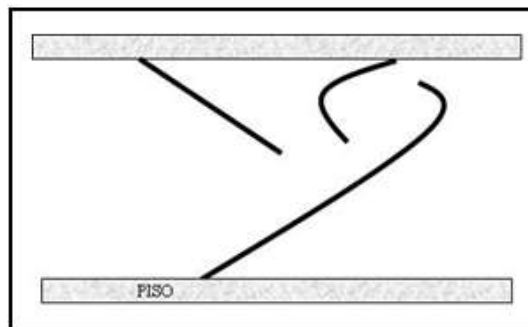


Figura 6: Corte lateral de sistema Atrapa-balas

Fuente: Jorge Saenz, Tiro Táctico Policial, <http://jsaenz4400.tripod.com/tirotacticopolicial/id2.html>

1.6.3.4 Polígonos de tiro móviles

Tiro interactivo móvil permite realizar la preparación de fuego a la ausencia del tiro fijo o polígono, en cualquier localidad y temperie.



Figura 7: Polígono de tiro móvil

Fuente: <http://www.kdcompany.ru/es/mobility.shtml>

1.6.4 POLÍGONOS DE TIRO EN ECUADOR

Existen algunos centros de entrenamiento a nivel nacional, en donde la fuerza pública, las empresas de seguridad, y público en general tienen un espacio, para mejorar las destrezas, competencias laborales y trabajo en equipo en temas de seguridad y protección y defensa personal. Uno de estos centros es el “Centro de Entrenamiento Defensivo *POLYGONO*”, ⁵ ubicado en la ciudad de Quito.



Figura 8: Polígono de tiro

Fuente: <http://polygono.com/index.php/centro-de-entrenamiento-defensivo/servicio-del-ced>

⁵ <http://polygono.com/>

Servicios que el Centro POLYGONO cuenta:

- 5 pistas para tiro de pistola / revólver / escopeta.
- 1 pista para paintball y uso múltiple de 6.000 m²



Figura 9: Polígono de tiro móvil

Fuente: <http://polygono.com/images/pistas2.jpg>

1.7 HIPÓTESIS DE TRABAJO

El presente trabajo de grado, resultará en el diseño e implementación de un sistema de detección de puntajes automatizado en polígonos de tiro.

La detección de puntajes, permitirá almacenar los datos obtenidos durante la práctica, los cuales podrán ser presentados al usuario y poder medir o promediar su rendimiento. Este sistema permitirá obtener grandes beneficios como ahorros de tiempo y dinero.

CAPÍTULO 2

2.1 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En este capítulo se analizará las alternativas posibles a utilizar en el sistema, así como materiales, mecanismos, sensores. Con el fin de seleccionar según el requerimiento lo más óptimo para su funcionamiento y durabilidad.

2.1.1 REQUISITOS DE DISEÑO

En la siguiente tabla se enumerará cada uno de los requisitos de diseño para el sistema:

PARAMETRO	DESCRIPCIÓN
Accionamiento del sistema:	Eléctrico de 110[V] de corriente continua
Tamaño estimado del sistema:	Largo = 1.50 [m], Altura = 1.80 [m], Profundidad = 20 [cm]
Peso Estimado:	20 [kg]
Tamaño del Target:	Altura = 28 [cm], Ancho = 28 [cm]
Recorrido del Target:	1 [m]
Velocidad Máxima:	50 [cm/s]
Características Especiales:	Selección de modo de entrenamiento, 3 velocidades, almacenamiento de información.
Mantenimiento:	Si

Tabla 2: Requisitos del sistema

Fuente: El Autor

2.2 MATRIZ MORFOLÓGICA

La matriz morfológica es la generación de ideas donde se plantean opciones o alternativas para el diseño de cada una de las diferentes partes del sistema. Se analiza las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas y se selecciona la que esté más acorde con los requerimientos y necesidades del usuario.

El sistema de detección de puntajes cuenta con varios subsistemas, por tal motivo se debe realizar varias matrices morfológicas para cada sistema, analizando los pro y contra de cada opción para elegir la más adecuada para el diseño final.

2.3 SUBSISTEMAS

La unión de componentes mecánicos, electrónicos y software hacen posible el funcionamiento de un sistema, para esto hay que seleccionar la mejor alternativa tomando en cuenta varios criterios.

- Subsistema A: Estructura
- Subsistema B: Mecanismo
- Subsistema C: Instrumentación
- Subsistema D: Adquisición de Datos y Control

La metodología usada para la selección de las alternativas de diseño corresponde al método ordinal corregido de criterios ponderados.

“La mayor parte de las veces, para decidir entre diversas soluciones basta conocer el orden de preferencia de su evaluación global. Es por ello que se recomienda el método ordinal corregido de criterios ponderados que, sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos”.⁶

Se basa en unas tablas donde cada criterio se confronta con los restantes criterios y se asignan los valores siguientes:

- | | |
|-----|--|
| 1 | Si el criterio de las filas es superior que el de las columnas |
| 0,5 | Si el criterio de las filas es equivalente al de las columnas |
| 0 | Si el criterio de las filas es inferior que el de las columnas |

⁶Carles Riba Romeva, Diseño Concurrente (Barcelona, Ediciones UPC),
<http://es.scribd.com/doc/155002197/Metodo-Ordinal-Corregido-de-Los-Criterios-Ponderados>

Luego, para cada criterio, se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios al que se le añade una unidad; después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio.

Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio.

Para cada caso se considerarán algunos criterios importantes los cuales van a ser evaluados para escoger la mejor opción.

2.3.1 SUBSISTEMA A: ESTRUCTURA

El diseño de la estructura del sistema tiene que ser sencillo y ergonómico, para que el montaje del sistema sea fácil y rápido. La fabricación del mismo deberá ser simple y poseer la menor cantidad de componentes y procesos de manufactura involucrados. La función principal de la estructura es dar mayor soporte a los componentes móviles para un óptimo funcionamiento.

Para la implementación de la estructura se hizo la selección de materiales innovadores, los cuales brinden rigidez y atractivo visual.

Alternativas de materiales para el subsistema A

Según las necesidades del proyecto se han tomado en cuenta varias alternativas para poder tomar en cuenta el material que se va a utilizar en la bancada (Estructura).

Alternativa 1: Estructura de Mixta (Acero - Aluminio)

Los ángulos estructurales “L” se aplican en la construcción de estructuras metálicas livianas y pesadas, donde las partes van unidas por soldadura o empernadas y son capaces de soportar esfuerzos dinámicos.

Se colocó adicionalmente un perfil de aluminio para dar soporte al sistema de mecanismo.



Figura 10: Perfil de Acero – Perfil Aluminio

Fuente: El autor

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Ligereza de la estructura, esto es de gran importancia en para el diseño	La mayoría de los aceros son susceptibles a la corrosión al estar expuestos al agua y al aire y, por consiguiente, deben pintarse periódicamente.
Rapidez de montaje	Susceptibilidad al pandeo.
Facilidad para unir las partes por medio de conectores como son la soldadura, los tornillos, pernos y los remaches.	Difícil maquinado.

Tabla 3: Ventajas y Desventajas – Perfil de Acero.

Fuente: El Autor

Alternativa 2: Estructura de Aluminio

El aluminio por sus propiedades naturales de ligereza, resistencia y versatilidad, por lo general se los utiliza para la construcción de cerramientos de altas, medias y económicas que cubren diversos requerimientos arquitectónicos.

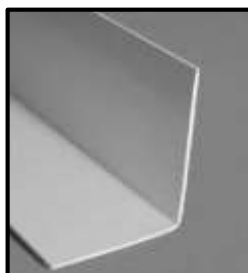


Figura11: Perfil de Aluminio

Fuente: El autor

VENTAJAS	DESVENTAJAS
No se corroe ni se deteriora, resisten por toda su vida útil.	Por su ligereza, no sería recomendable usarlo como base del sistema.
El aluminio permite realizar diseños ideales, logrando tener un buen aspecto estético.	Alto costo.
No necesitan de mantenimiento.	Dificultad de las uniones con el propio aluminio

Tabla 4: Ventajas y Desventajas – Perfil de Aluminio.

Fuente: El Autor

Alternativa 3: Estructura de Madera

La madera es un material perfecto para adecuarse a cualquier aplicación o estructura. Posee dos cualidades principales que la convierten en una excepcional materia para construcciones y estructuras, estas cualidades son su fuerte resistencia a grandes cargas y su indudable ligereza.



Figura 12: Madera

Fuente: El Autor

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Alta rigidez y resistencia	Antes de su construcción, la madera debió ser tratada con productos hidrófugos (repelentes al agua)
Mejora de la resistencia estructural a la acción sísmica.	Necesita un constante mantenimiento, debe de fumigarse, o la madera será atacada por insectos.
Adaptabilidad, buen aislante eléctrico, térmico y acústico, Bajo costo	La madera debe tener una capa en la parte exterior de barniz o pintura resistente a los rayos ultravioletas o de lo contrario la resistencia al sol será poca.

Tabla 5: Ventajas y Desventajas – Madera.

Fuente: El Autor

Selección de alternativas para la estructura

Para la selección de alternativas para la estructura se toman en cuenta varios criterios de ponderación de acuerdo a las ventajas y desventajas de cada alternativa.

Criterios de Ponderación:

Para este caso se considerarán 4 criterios importantes los cuales van a ser evaluados para escoger la mejor opción, los criterios son:

Manufactura: En este criterio se toma en consideración la facilidad de construir, maquinar y ensamblar distintos tipos de elementos con diferentes materiales y con la disposición de herramientas adecuadas.

Peso: Es un factor importante debido a que mayor peso mayor dificultad de poderse transportar y ensamblar.

Estabilidad: En este criterio se tomara en cuenta cuál es menos propenso a vibraciones ya que en la construcción del prototipo varios elementos se encontraran en movimiento por lo tanto podría desestabilizarse.

Costo: Este parámetro se debe tomar en consideración para la elección de cualquier sistema ya que influye mucho en la inversión que se realice en el proyecto y el tiempo que se tarde en recuperarla.

Peso > Estabilidad = Manufactura > Costo

CRITERIO	Manufactura	Peso	Estabilidad	Costo	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Manufactura		0	0.5	1	2.5	0.25
Peso	1		1	1	4	0.4
Estabilidad	0.5	0		1	2.5	0.25
Costo	0	0	0		1	0.1
SUMA					10	1

Tabla 6: Criterios de selección del subsistema A

Fuente: El Autor

Alternativa 1 > Alternativa 2 = Alternativa 3

Manufactura	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0.5
Alternativa 2	0		1	2	0.33
Alternativa 3	0	0		1	0.16
SUMA				6	1

Tabla 6.1: Evaluación del criterio de manufactura

Fuente: El autor

Alternativa 1 > Alternativa 3 > Alternativa 2

Peso	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0.5
Alternativa 2	0		0	1	0.16
Alternativa 3	0	1		2	0.33
SUMA				6	1

Tabla 6.2: Evaluación del criterio de peso

Fuente: El autor

Alternativa 3 = Alternativa 2 > Alternativa 1

Estabilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	0.5	2.5	0.417
Alternativa 2	0		0.5	1.5	0.250
Alternativa 3	0.5	0.5		2	0.333
SUMA				6	1

Tabla 6.3: Evaluación del criterio de estabilidad

Fuente: El autor

Alternativa 1 = Alternativa 3 > Alternativa 2

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0.500
Alternativa 2	0		0	1	0.167
Alternativa 3	0	1		2	0.333
SUMA				6	1

Tabla 6.4: Evaluación del criterio de Costo

Fuente: El autor

Alternativa 1 > Alternativa 3 > Alternativa 2

Conclusiones	Manufactura	Peso	Estabilidad	Costo	Σ	PRIORIDAD
Alternativa 1	0.125	0.200	0.104	0.050	0.479	1
Alternativa 2	0.083	0.067	0.063	0.017	0.229	3
Alternativa 3	0.042	0.133	0.083	0.033	0.292	2

Tabla 6.5: Tabla de Conclusiones - Prioridad

Fuente: El autor

Como se puede observar la alternativa 1 es la mejor situada, la alternativa 3 le sigue en importancia y por último la de menos importancia es la 2.

Por lo tanto la alternativa número 1 es la que se usara como base para el diseño del sistema.

2.3.2 SUBSISTEMA B: MECANISMOS

En este subsistema los mecanismos que presiden el movimiento se los utilizan para la transmisión y transformación de movimiento. El movimiento del blanco o diana es horizontal, en el cual se podrá tener control de velocidad del mismo así como también el cambio de giro del movimiento.

El sistema funciona gracias a la acción de motores y actuadores lineales, para transmitir el movimiento.

“Un mecanismo es un dispositivo que transforma el movimiento producido por un elemento motriz (fuerza de entrada) en un movimiento deseado de salida (fuerza de salida) llamado elemento conducido”.⁷

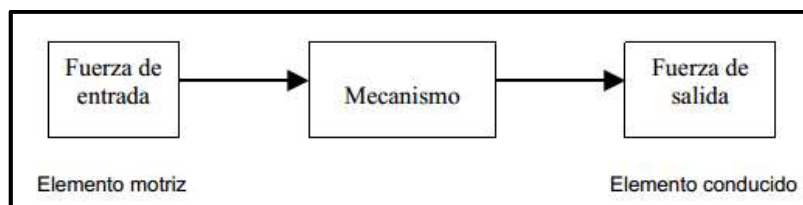


Figura 13: Composición de un mecanismo.

Fuente: Antonio Pulido, Apuntes sobre mecanismos de transmisión

Mecanismos manuales similares utilizados en polígonos de tiro transmiten el movimiento mediante perfiles con cadena o poleas, se ha tratado de implementar un sistema económico y de fácil adquisición, a continuación se plantea 2 alternativas para el sistema las cuales describen los principales mecanismos:

- Cadena – Piñón
- Cremallera – Piñón

⁷Antonio Pulido, APRENDAMOS TECNOLOGÍA, Apuntes sobre mecanismos de transmisión, <http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2008/04/mecanismos-transmision.pdf>

Alternativas para el Subsistema B

Alternativa 1: Cadena - Piñón

En este mecanismo transmite un movimiento giratorio entre dos ejes paralelos, consta de 2 elementos: una cadena sin fin (Cerrada) y Piñones que se encuentren unidos a los ejes de los mecanismos conductor y conducido.⁸

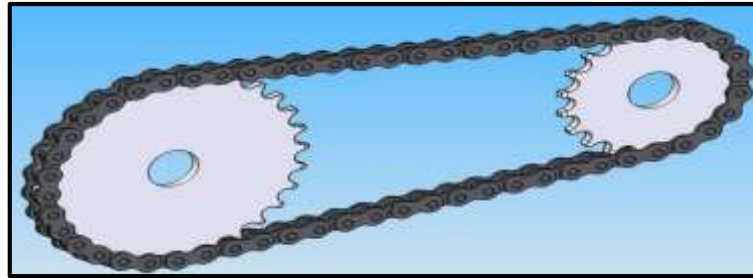


Figura 14: Funcionamiento de una cadena

Fuente: Autor

VENTAJAS	DESVENTAJAS
La reducción y aumento de la velocidad es más sencilla.	Costoso
La relación de transmisión se mantiene constante ya que no existe deslizamiento, transmisión de grandes potencias, lo que se traduce en una mayor eficiencia mecánica.	Funcionamiento menos flexible (en caso de que el eje conducido cese de girar por cualquier causa, el conductor también lo hará, lo que puede producir averías en el mecanismo motor o la ruptura de la cadena)
Es fácil cortar y ensamblar las cadenas.	Es más Ruidoso
El diámetro del piñón para un sistema de cadena puede ser más pequeño que una polea de una correa, mientras que en ambas se transmite el mismo esfuerzo de torsión.	Se necesita Lubricación (engrase) adecuado.
Los piñones están conforme a menor desgaste que los engranajes porque los piñones distribuyen la carga de esfuerzo a través de sus dientes.	

Tabla 7: Ventajas y Desventajas – Cadena - Piñón.

Fuente: El Autor

⁸MecanESO, Mecanismos Cadena – Piñón, <http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/index.htm>

Alternativa 2: Cremallera - Piñón

En este mecanismo se convierte el movimiento giratorio a uno lineal continuo o viceversa. Consta de 2 elementos: un piñón o rueda dentada la cual engrana de manera perfecta en una cremallera.

“Cuando el piñón gira, sus dientes empujan los de la cremallera, provocando el desplazamiento lineal de esta. Si lo que se mueve es la cremallera, sus dientes empujan a los del piñón consiguiendo que este gire y obteniendo en su eje un movimiento giratorio”.⁹

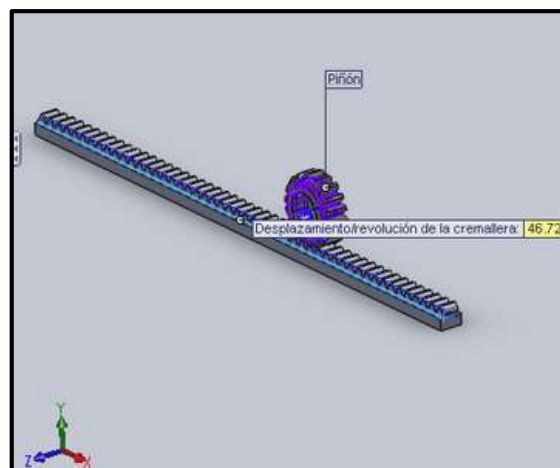


Figura 15: Mecanismo cremallera – piñón

Fuente: El autor

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Gran relación de transmisión, funciona bien como reductor de velocidad.	Velocidad limitada. Depende del paso del piñón y la cremallera.
Sistema es reversible, su utilidad práctica suele centrarse solamente en la conversión de circular en lineal continuo.	Menor Durabilidad, transfiere más ruido y vibración.
Gran ventaja mecánica	Fabricación y montaje más laborioso

Tabla 8: Ventajas y Desventajas – Piñón - Cremallera.

Fuente: El Autor

⁹MecanESO, Mecanismos Cremallera – Piñón,
<http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/index.htm>

Selección de alternativa para el mecanismo de movimiento

Para la selección una alternativa para el mecanismo de movimiento se realiza criterios de ponderación de acuerdo a las ventajas y desventajas de cada alternativa.

Criterios de Ponderación:

Para este caso se considerarán 5 criterios importantes los cuales van a ser evaluados para escoger la mejor opción, los criterios son: Costos – Control de Velocidad – Optimización de Espacio – Disponibilidad de Repuestos – Tiempo de Vida Útil

Costos: Este parámetro se debe tomar en consideración para la elección de cualquier sistema ya que influye mucho en la inversión que se realice en el proyecto y el tiempo que se tarde en recuperarla.

Control de velocidad: Para que el sistema de transporte sea flexible debe tener un control regulable de velocidad, es un aspecto importante a considerar para evitar volcamientos del blanco según el tipo de entrenamiento.

Optimización de espacio: Este parámetro se refiere a tratar de elegir un elemento que ocupe el menor espacio posible en el sistema.

Disponibilidad de repuestos: Se debe tomar en cuenta si los repuestos de un determinado elemento están al acceso del usuario encargado del mantenimiento del mismo, preferentemente que los repuestos se los pueda conseguir en el mercado nacional.

Tiempo de vida útil: Es importante la determinación de la vida útil del elemento que se utilice para evitar la reposición de un elemento nuevo que implica inversión económica y de tiempo para volver a instalarlo.

Optimización de Espacio > Control de Velocidad > Costos>Tiempo de Vida Útil>Disponibilidad de repuestos

CRITERIO	Costos	Control de Velocidad	Optimización de espacio	Disponibilidad de repuestos	Tiempo de vida Útil	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Costos		0	0	1	1	3	0.2
Control de Velocidad	1		0	1	1	4	0.26666
Optimización de espacio	1	1		1	1	5	0.33333
Disponibilidad de repuestos	0	0	0		0	1	0.06666
Tiempo de vida Útil	0	0	0	1		2	0.13333
SUMA						15	1

Tabla 9: Criterios de selección del subsistema B

Fuente: El autor

Evaluación de la importancia de las distintas alternativas, según los criterios:

Alternativa 1 > Alternativa 2

Costos	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	2	0.6666
Alternativa 2	0		1	0.3333
SUMA			3	1

Tabla 9.1: Evaluación del criterio de Costo

Fuente: El autor

Alternativa 1 = Alternativa 2

Control de Velocidad	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	1.5	0.5
Alternativa 2	0.5		1.5	0.5
SUMA			3	1

Tabla 9.2: Evaluación del criterio de Control de Velocidad

Fuente: El autor

Alternativa 1 = Alternativa 2

Optimización de espacio	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	1.5	0.5
Alternativa 2	0.5		1.5	0.5
		SUMA	3	1

Tabla 9.3: Evaluación del criterio de Optimización de Espacio

Fuente: El autor

Alternativa 1 > Alternativa 2

Disponibilidad de Repuestos	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	2	0.6666
Alternativa 2	0		1	0.3333
		SUMA	3	1

Tabla 9.4: Evaluación del criterio de Disponibilidad de Repuestos

Fuente: El autor

Alternativa 1 = Alternativa 2

Tiempo de Vida Útil	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	1.5	0.5
Alternativa 2	0.5		1.5	0.5
		SUMA	3	1

Tabla 9.5: Evaluación del criterio de Tiempo de vida Útil

Fuente: El autor

Conclusiones	Costos	Control de Velocidad	Optimización de espacio	Disponibilidad de repuestos	Tiempo de vida Útil	Σ	PONDERACIÓN
Alternativa 1	0.133	0.133	0.167	0.044	0.067	0.544	1
Alternativa 2	0.067	0.133	0.167	0.022	0.067	0.456	2

Tabla 9.6: Tabla de Conclusiones - Prioridad

Fuente: El autor

Como se puede observar la alternativa 1 es la mejor situada, la alternativa 2 le sigue en importancia.

Por lo tanto la alternativa número 1 es la que se usara como base para el diseño del sistema.

Guías Lineales:

Se necesita implementar guías lineales para complementar el movimiento realizado por los mecanismos de movimiento, las cuales den soporte y estabilidad al desplazamiento del blanco.

Existen distintos tipos de guías comerciales, las cuales se podrían implementar en el proyecto pero uno de los principales problemas es el costo de las mismas, por ello se ha decidido adaptar un sistema similar utilizando perfiles de aluminio anodizado, en este caso (Perfil 8 80x40 L, natural - ITEM) el cual es altamente resistente, se pueden diseñar todo tipo de construcciones de forma limpia y rápida, sin necesidad de modificar su superficie.



Figura 16: Perfil 8 80x40

Fuente: <http://www.item24.es/nc/es/pagina-de-inicio/productos/catalogo-de-productos/busqueda-de-productos.html>

Actuadores:

Existen varios tipos de actuadores eléctricos, debido a que los requerimientos de potencia del sistema que se va a implementar son bajos, menor a 1/2hp, de acuerdo a las cargas que maneja, solo se consideró un motor de corriente continua.

El motor utilizado en el desarrollo de este proyecto es un motor de corriente continua de imanes permanentes, cuya diferencia de los motores dc normales es de que en vez de tener un bobinado inductor en el estator posee imanes permanentes.

Existen muchos modelos de este tipo de motores de potencias de fracciones de vatio hasta el centenar de vatios o más dependiendo de la aplicación, no suelen ser potencias altas, su utilización es enorme en maquinaria industrial, maquinaria de embalaje, accionamiento de disyuntores, aplicaciones domóticas, en servomotores, maquinaria de laboratorio entre otros.



Figura 17: Estator de un motor DC de imanes permanentes

Fuente: Alejandro Benito i Rusiñol, 2010, Electricidad, <http://electricidad-viatger.blogspot.com/2008/04/motores-de-corriente-continua-de-imn.html>



Figura 18: Rotor de un motor DC de imanes permanentes

Fuente: Alejandro Benito i Rusiñol, 2010, Electricidad, <http://electricidad-viatger.blogspot.com/2008/04/motores-de-corriente-continua-de-imn.html>

En este tipo de motores la avería más frecuente es que se desgasten las escobillas. Estos motores solamente disponen de dos cables de conexión para que funcione y para realizar la inversión de giro solamente se debe invertir la polaridad en la conexión del motor.



Figura 19: Motor Limpiaparabrisas BOSCH

Fuente: http://bmppartes.com/ver_producto.asp?id=20954&clc=441&ct=#.UysOefmSyXg

2.3.3 SUBSISTEMA C: INSTRUMENTACIÓN

Este sistema realiza la detección del impacto en un determinado punto del blanco o diana, logrando así obtener el puntaje el cual obtuvo el practicante de manera inmediata, a continuación se describe.

Alternativa 1: Sensor de Fuerza Resistivo (FSR) “FlexiForce”

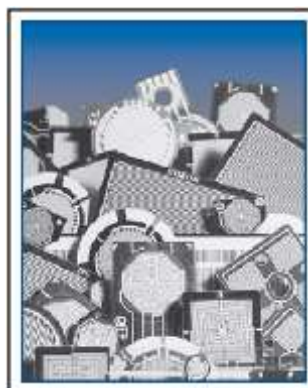


Figura 20: Sensor FlexiForce

Fuente: <http://www.imagesco.com/sensors/fsr/fsrguide.pdf>

Este tipo de sensores son aplicados para medición de fuerza, su característica es que son circuitos ultra delgados y flexibles, utilizan tecnología basada en variación de resistencia eléctrica del área sensora.

“La aplicación de una fuerza al área activa de detección del sensor se traduce en un cambio en la resistencia eléctrica del elemento sensor en función inversamente proporcional a la fuerza aplicada”.¹⁰

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Fácil de integrarse en cualquier elemento	Requiere presión por ambas caras para generar una señal
Medida de fuerza directa a través de un divisor-seguidor de voltaje	Costo elevado
Disponibilidad en el mercado	Sistemas de transmisión de corta distancia por el ruido.

Tabla 10: Ventajas y Desventajas – Sensor FlexiForce.

Fuente: El Autor

Alternativa 2: Sensor malla metálica

En la actualidad se ha creado la primera tela electrónica lavable:

“El desarrollo de materiales textiles inteligentes, desarrollada en ETH Zurich, permite incorporar distintos dispositivos electrónicos directamente en los tejidos, cuya producción puede realizarse en masa con la tecnología tradicional y resulta más económica”.¹¹

Esta innovación es que la tela puede ser producida en masa en los telares convencionales y lavarse fácilmente, como si se tratara de la empleada en una prenda de uso común. De esta manera, sensores de temperatura o dispositivos para controlar funciones corporales podrían incorporarse directamente a los artículos de vestimenta de uso cotidiano.

¹⁰Sensor de fuerza FlexiForce, por Eduardo J. Carletti, http://robots-argentina.com.ar/Sensores_FlexiForce.htm

¹¹ Lunes, 26 de Julio 2010 - Pablo Javier Piacente, http://www.tendencias21.net/Crean-la-primera-tela-electronica-lavable_a4723.html



Figura 21: Sensor Malla Metálica

Fuente: http://www.biopus.com.ar/tuto/instalacion/interface_y_sensores_tutorial/sensores_tutorial.html

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Fácil detección debido a su alta sensibilidad	Alto costo
Alta fiabilidad en los impactos, velocidad de respuesta alta.	Muchos prototipos aún están en desarrollo
Compatible con cualquier sistema integrado.	Aún no se proporcionan datos reales de resistencia al impacto.

Tabla 11: Ventajas y Desventajas – Sensor Malla Metálica.

Fuente: El Autor

Alternativa 3: Sensor de fuerza

También llamado Galga extensiométrica, es la variación de resistencia eléctrica basado en el efecto piezorresistivo. Es un sensor el cual sirve para medir la deformación, presión, carga, torque, posición,

*“Según se deforma el objeto, también lo hace la lámina, provocando así una variación en su resistencia eléctrica”.*¹²

¹² http://www.ecured.cu/index.php/Galga_extensiom%C3%A9trica

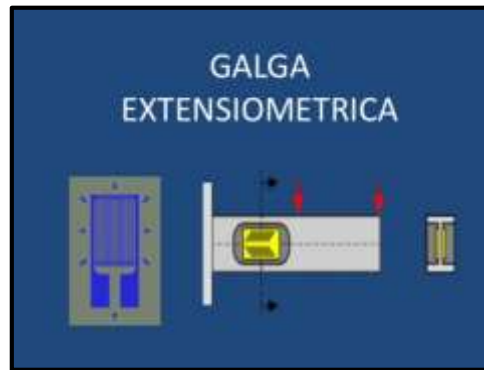


Figura 22: Sensor de Fuerza

Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=galga+extensiométrica>

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Económica	Etapas de acondicionamiento sujetas a mucho ruido.
Fácil adaptación a cualquier superficie	Requieren geometrías especiales para dar el dato correcto
Alta resistencia al impacto	Difícil adquisición local

Tabla 12: Ventajas y Desventajas – Sensor de Fuerza.

Fuente: El Autor

Selección de alternativa para la etapa de Instrumentación

Para la selección una alternativa para el mecanismo de movimiento se realiza criterios de ponderación de acuerdo a las ventajas y desventajas de cada alternativa.

Criterios de Ponderación:

Para este caso se considerarán 4 criterios importantes los cuales van a ser evaluados para escoger la mejor opción, los criterios son:

Estabilidad: Este criterio es fundamental ya que al medir una variable se debe saber que tan estable es en diferentes medios y si no es afectada por otras variables físicas.

Robustez: El sistema debe responder eficazmente cuando se produzcan anomalías en el resto del sistema eléctrico, por ejemplo las altas corrientes

inducidas en el motor de traslación pueden ocasionar que el sensor se des calibre o se queme.

Instalación: Debido a la configuración especial de montaje que se requiere para esta aplicación a fin de formar el objetivo resulta imprescindible la facilidad de colocarlos.

Ambiente de Trabajo: Los sistemas de tiro al blanco en su mayoría trabajan en ambientes abiertos, lo cual puede ocasionar daños al sensor.

Costo: Este parámetro se debe tomar en consideración para la elección de cualquier sistema ya que influye mucho en la inversión que se realice en el proyecto y el tiempo que se tarde en recuperarla.

Instalación > Robustez = Estabilidad= Costo > Ambiente

CRITERIO	Estabilidad	Robustez	Instalación	Ambiente	Costo	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Estabilidad		0	1	1	1	4	0.26
Robustez	1		1	1	1	5	0.33
Instalación	0	0		1	1	3	0.20
Ambiente	0	0	0		1	2	0.13
Costo	0	0	0	0		1	0.06
SUMA						15	1

Tabla 13: Criterios de selección del subsistema C

Fuente: El Autor

Alternativa 1 = Alternativa 3 > Alternativa 2

Estabilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	0.5	2.5	0.41
Alternativa 2	0		1	2	0.33
Alternativa 3	0.5	0		1.5	0.25
SUMA				6	1

Tabla 13.1: Evaluación del criterio de Estabilidad

Fuente: El Autor

Alternativa 1 > Alternativa 3 > Alternativa 2

Robustez	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0.5
Alternativa 2	0		0.5	1.5	0.25
Alternativa 3	0	0.5		1.5	0.25
SUMA				6	1

Tabla 13.2: Evaluación del criterio de Robustez

Fuente: El Autor

Alternativa 2 = Alternativa 3 > Alternativa 1

Instalación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0.5	1.5	0.25
Alternativa 2	1		0.5	2.5	0.41
Alternativa 3	0.5	0.5		2	0.33
SUMA				6	1

Tabla 13.3: Evaluación del criterio de Instalación

Fuente: El Autor

Alternativa 1 = Alternativa 3 > Alternativa 2

Ambiente	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0.5
Alternativa 2	0		0	2	0.16
Alternativa 3	0	1		1	0.33
SUMA				6	1

Tabla 13.4: Evaluación del criterio de Ambiente

Fuente: El Autor

Alternativa 1 = Alternativa 3 > Alternativa 2

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	3	0.33
Alternativa 2	1		1	2	0.5
Alternativa 3	0	0		3	0.16
SUMA				6	1

Tabla 13.5: Evaluación del criterio de Costo

Fuente: El autor

Conclusiones	Estabilidad	Robustez	Instalación	Ambiente	Costo	Σ	PRIORIDAD
Alternativa 1	0.111	0.167	0.050	0.067	0.022	0.417	1
Alternativa 2	0.089	0.083	0.083	0.022	0.000	0.278	2
Alternativa 3	0.067	0.083	0.067	0.044	0.000	0.261	3

Tabla 13.6: Tabla de Conclusiones - Prioridad

Fuente: El autor

Como se puede observar la alternativa 1 es la mejor situada, la alternativa 2 le sigue en importancia y por último la de menos importancia es la 3.

Por lo tanto la alternativa número 1 es la que se usara como base para el diseño del sistema.

Sensores De Posición

Son utilizados para controlar el recorrido de un mecanismo, existen distintos tipos de sensores uno de ellos es el fin de carrera (electromecánico), el cual será utilizado en el proyecto ya que su disponibilidad en el mercado local es alta y a un costo asequible.

Por lo general se los coloca normalmente al final del recorrido de un elemento móvil con el fin de enviar señales de información sobre su presencia o paso que puedan modificar el estado de un circuito electrónico. Se los puede usar para controlar el estado de una máquina, puesta en marcha, parada, ciclos, menor velocidad, etc.



Figura 23: Final de Carrera

Fuente: <http://www.datasheets360.com/pdf/5135361065176243123>

2.3.4 SUBSISTEMA D: ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL

El sistema de adquisición de datos inicialmente fue planteado para el uso de microcontroladores, sin embargo la selección de alternativas quedo disminuida a una sola opción, la de seleccionar uno de la familia Microchip. Dada la baja demanda de estos sistemas en la actualidad, pues hoy en día se encuentran plataformas más amigables como Raspberry pi ® o Arduino ® y de plataforma abierta, se tuvo que buscar en el mercado componentes que sean compatibles y puedan adaptarse al PIC16F877A, quedando simplemente en componentes como un módulo de comunicación serial y programación en PIC-C.

*“El PIC 16F877A es un microcontrolador de Microchip Technology fabricado en tecnología CMOS, su consumo de potencia es muy bajo y además es completamente estático, esto quiere decir que el reloj puede detenerse y los datos de la memoria no se pierden. Este microcontrolador cuenta con memoria tipo FLASH, lo que representa gran facilidad en el desarrollo de prototipos y en su aprendizaje ya que no se requiere borrarlo con luz ultravioleta como las versiones EPROM, sino que permite reprogramarlo nuevamente sin ser borrado con anterioridad. El encapsulado más común para este microcontrolador es el DIP (Dual In-Line Pin) de 40 pines, propio para usarlo en experimentación”.*¹³

¹³ El microcontrolador PIC17F877, <http://www.utp.edu.co/~eduque/arquitect/PIC16F877.pdf>

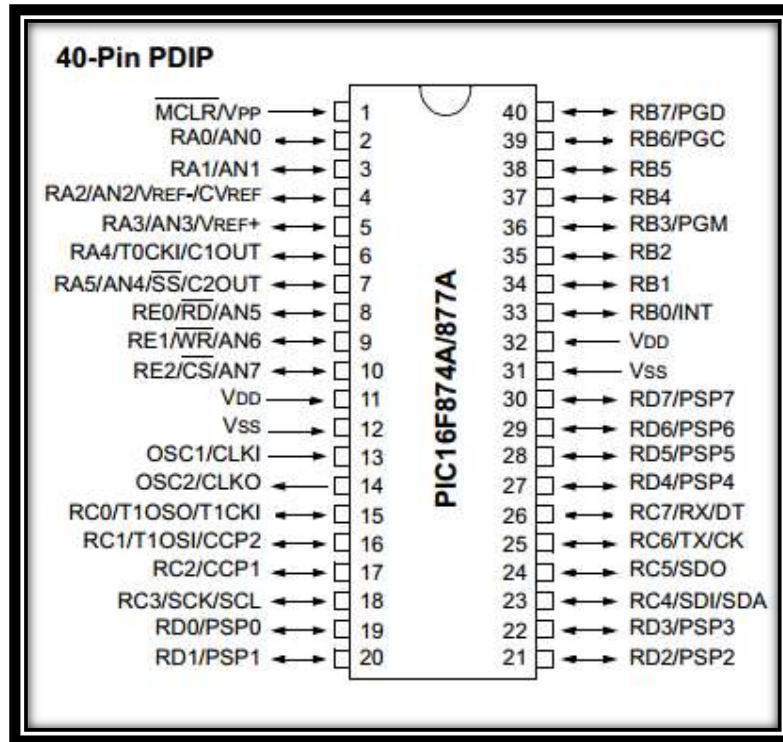


Figura 24: Microcontrolador PIC 16F877A

Fuente: Microchip Technology, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582C.pdf>

CAPÍTULO 3

DISEÑO ETAPAS DEL SISTEMA

El diseño se encuentra dividido en 3 etapas las cuales se describirán a continuación:

3.1 ETAPA 1 – SISTEMA MECÁNICO

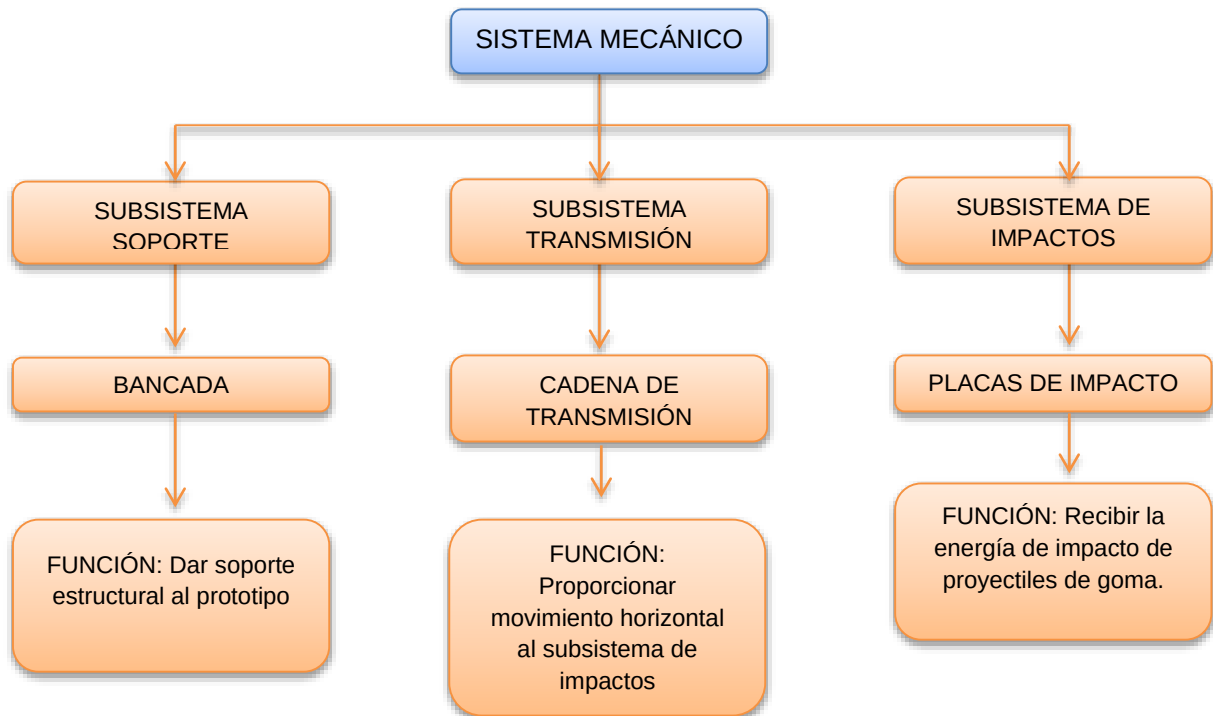


Figura 25: Diseño Sistema Mecánico

Fuente: El Autor

3.2 ETAPA 2 – SISTEMA ELÉCTRICO – ELECTRÓNICO

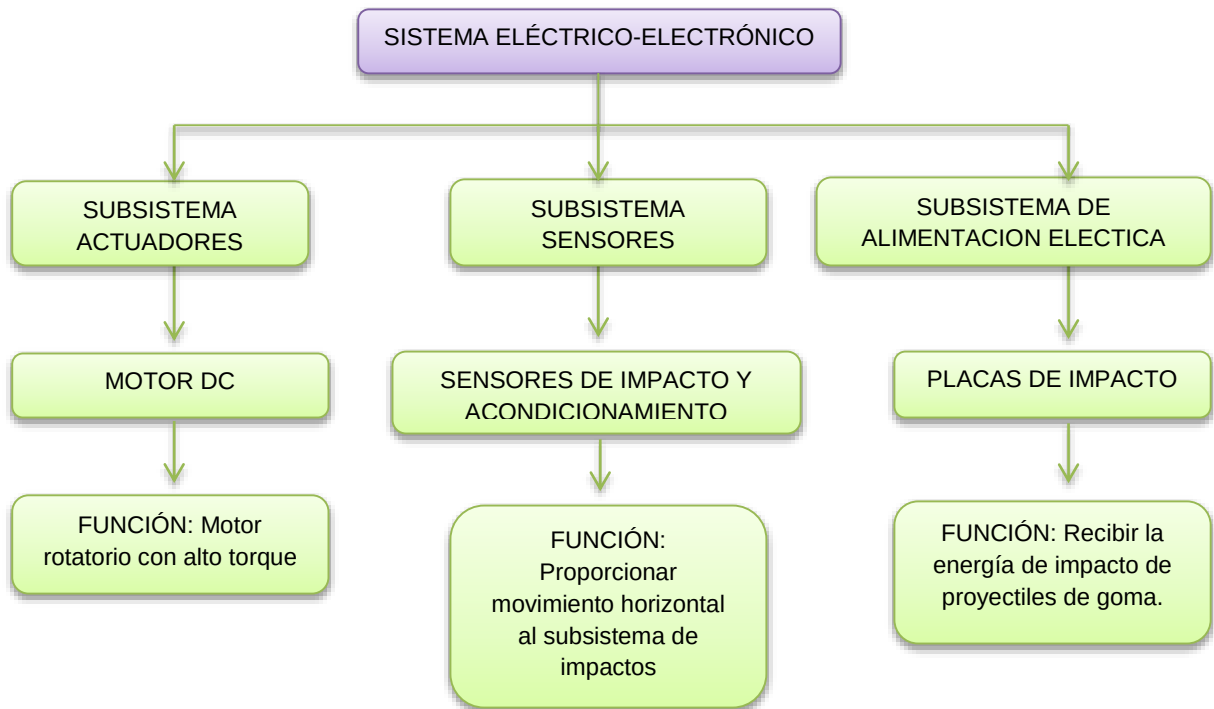


Figura 26: Diseño Sistema Eléctrico-Electrónico

Fuente: El Autor

3.3 ETAPA 3 – SISTEMA DE CONTROL

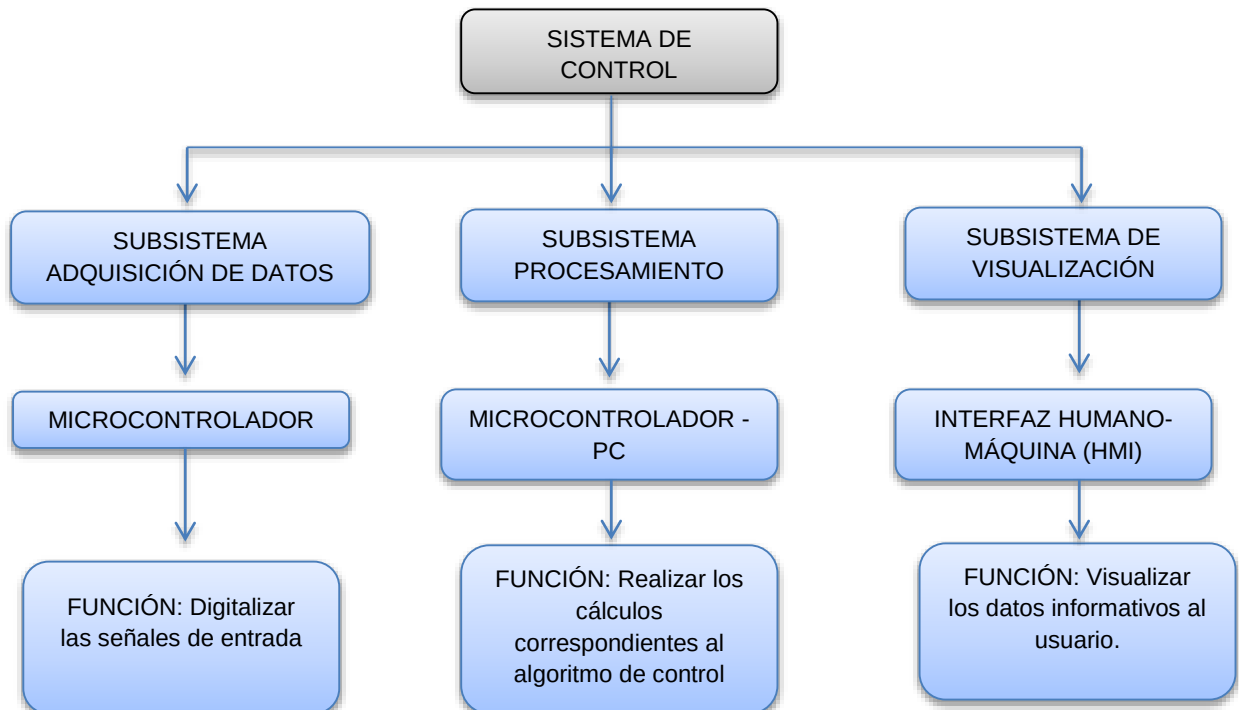


Figura 27: Diseño Sistema de Control

Fuente: El Autor

3.4 SISTEMA DE MOVIMIENTO

De acuerdo a la selección de alternativas planteada para el subsistema mecanismos del inciso 2.3.2 se calcula el sistema de transmisión por cadena para proporcionar el movimiento de giro, que luego se transforma en movimiento lineal.

Las características básicas de las transmisiones de cadena incluyen una relación constante puesto que no se involucra al deslizamiento ni el arrastre, vida larga y capacidad para impulsar varios ejes a partir de una sola fuente de potencia.

Las condiciones y requerimientos de operación para este sistema son:

- Velocidad lineal máxima: 50 cm/s por requerimiento de operación.
- Peso a transportar: 6 kg
- Longitud de carrera: 1m
- Movimiento en ambos sentidos
- Movimiento silencioso

La potencia de transmisión se aproxima a través de la ecuación:

$$Pot = Fv \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Pot= potencia [W]

F= fuerza para impulsar la masa [N]

v= velocidad de avance [m/s]

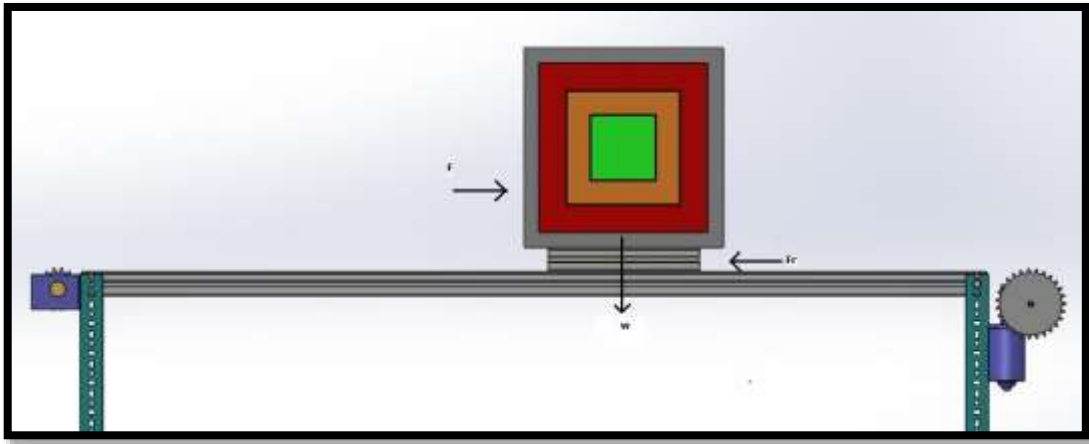


Figura 28: Diagrama de Cuerpo Libre

Fuente: El Autor

Se propone un movimiento con velocidad constante, por tanto la sumatoria de fuerzas en el eje de avance será igual a cero, así:

$$\sum F = F - f_R = 0 \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde f_R es la fuerza de rozamiento, se consideró dos coeficiente de fricción: aluminio-aluminio $\mu=0.35$ y aluminio-grilon $\mu=0.45$.

Remplazando:

$$F = f_R = \mu mg = \left(0.35 \times 6 \text{ kg} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) + \left(0.45 \times \frac{6}{4} \text{ kg} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 26.6 \text{ N}$$

Por lo tanto ya encontrada la fuerza, remplazamos en la ecuación 1 y se obtiene la potencia, de esta manera se podrá seleccionar un motor el cual se encuentre en el mercado local con iguales o similares características:

$$Pot = 26.6 \text{ N} \times \frac{0.5 \text{ m}}{\text{s}} = 13.8 \text{ W} = 0.0138 \text{ KW}$$

Selección del motor

La potencia obtenida en la sección anterior sirve para seleccionar el motor para impulsar este sistema. Según el catálogo de motores DC de la marca BOSCH, como se observa en la figura 29, se selecciona un motor de 12 V y potencia de 24 W a 28 W modelo CEP 9 390 453 023.



Figura 29: Motor DC marca BOSCH

Fuente: Hoja de datos para motores DC marca BOSCH

Cálculo de una transmisión por cadena

En la tabla 14, se encuentran algunos factores los cuales se deben tener en cuenta para poder seleccionar una cadena adecuada:

Potencia a transmitir	0.0138 Kw
Fuente de potencia	Motor Eléctrico
Mecanismo a accionar	Uniforme
Número de r.p.m.	$n_1 = 26 \text{ rpm}$ $n_2 = 43 \text{ rpm}$
Distancia entre centros	1500 mm

Tabla 14: Factores para cálculo de transmisión por cadena.

Fuente: El Autor

En el gráfico 30 se puede ver que para una velocidad de $n_1=26$ r.p.m. y una potencia de 13.8 w se necesitaría una cadena simple 40 (08A):

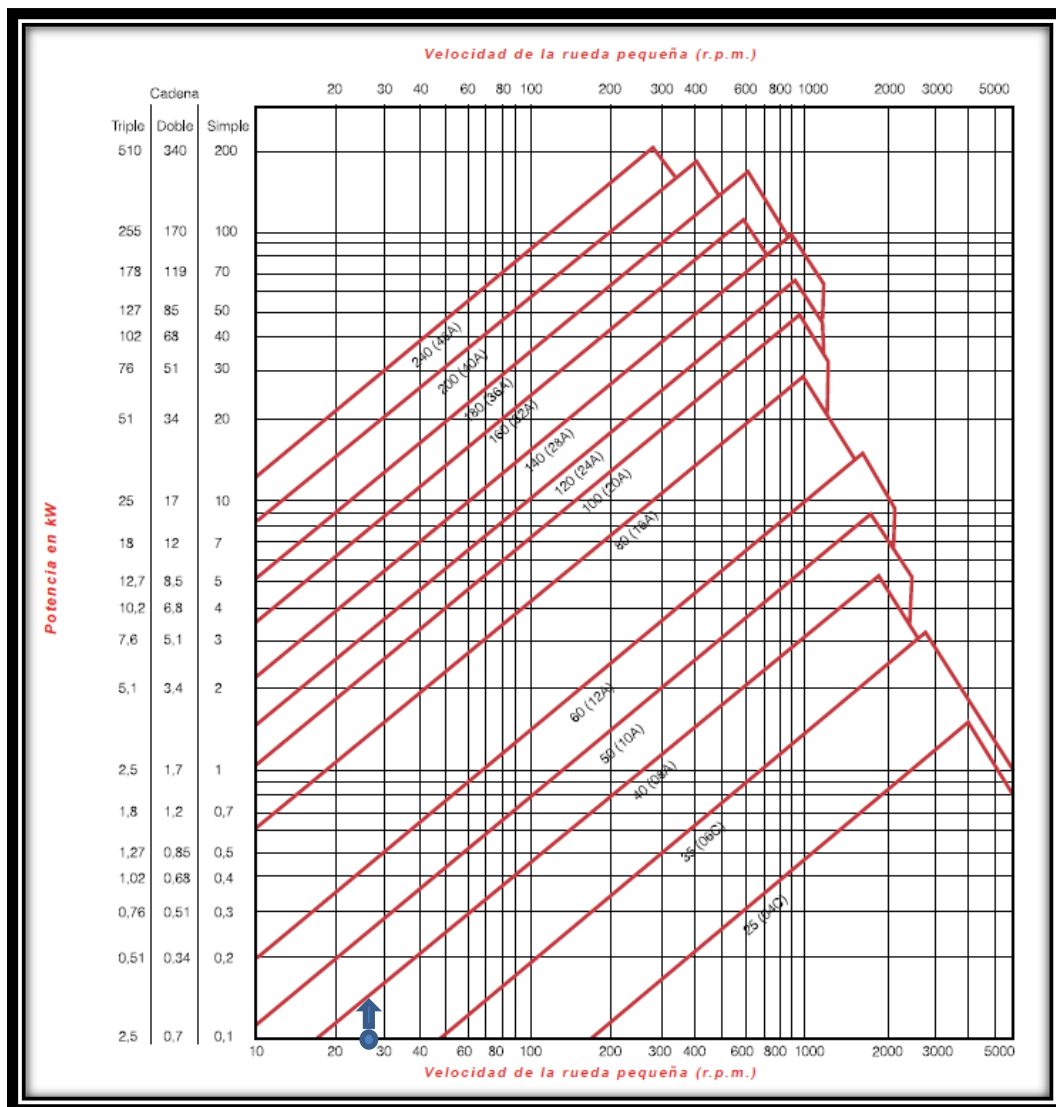


Figura 30: Gráfico para la selección de cadenas Norma ISO 606 (Serie americana)

Fuente: Catalogo General de Cadenas, JORESA

De acuerdo a la norma ASA-ANSI, en la tabla 15, según la cadena seleccionada, se puede obtener la velocidad máxima permitida.

N° ASA	35	40	50	60	80	100	120	140	160	200
Paso (")	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2
n_{max}	3620	2712	1927	1457	941	652	515	375	316	224

Tabla 15: Velocidad máxima según tipo de cadena

Fuente: CADENAS - Ing. A.R.ODETTO,

http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/3_anio/mecanica_electrica/CADENAS_DE_TRANSMISION.pdf

Se realiza la siguiente iteración:

Donde n_{1Max} , es la velocidad máxima permitida y n_2 es el número de revoluciones del motor

$$\frac{n_{1Max}}{n_2} = \frac{2712}{43} = 63$$

Para el motor de 43 rpm, la velocidad máxima permitida supera por 63 veces el requerimiento por velocidad que está directamente relacionado con la potencia a transmitir.

A continuación se determinarán los factores de corrección de la potencia.

Factor de Servicio (coeficiente f_1)

De la tabla 3 se puede determinar que el tipo de carga es uniforme y el accionamiento por motor eléctrico, entonces el factor $f_1 = 1$.

Tipo de Carga	Tipo de impulsor		
	Impulson Hidráulico	Motor Eléctrico o Turbina	Motor de combustión interna
Uniforme (agitadores y ventiladores, transporte con carga ligera y uniforme)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (máquinas herramienta, gúas, transportadores pesados, mezcladores de alimentos y molinos)	1.2	1.3	1.4
Choque Pesado (Prensas de troquelado, molinos de martillos, transportadores alternos, accionamientos de molinos de rodillo)	1.4	1.5	1.7

Tabla 16: Factores de Servicio

Fuente: Diseños de elementos de máquina Robert L. Mott

Factor de la rueda conductora (coeficiente f_2)

El valor de la rueda conductora Z_1 no viene fijado corrientemente en las condiciones de la transmisión, y deberá, por tanto, elegirse. Como es valor muy importante a la hora de determinar la transmisión y debe cumplir ciertas condiciones, el fabricante sugiere seleccionar un número impar de dientes y mayor a 17 para evitar el ruido e irregularidad de la transmisión.

Para el diseño del proyecto se seleccionó $Z_1 = 17$. De la figura 31 se puede determinar que el factor $f_2 = 1$.

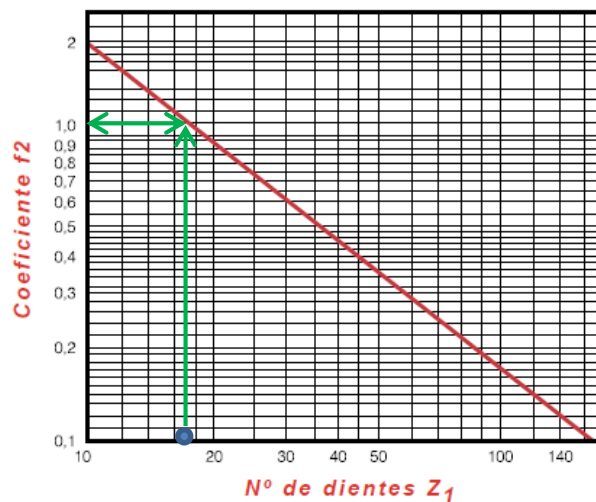


Figura 31: Elección del número de dientes Z_1 de piñón (Coeficiente f_2)

Fuente: Catalogo General de Cadenas, JORESA

Factor de la relación de transmisión y distancia entre centros (coeficiente f_3)

Estas dos magnitudes influyen asimismo en el rendimiento de las transmisiones.

Para el proyecto la relación de transmisión es de 1.5 ($Z_1 = 17$ y $Z_2 = 25$). Esta condición se dio por disponibilidad en el mercado de un sistema de transmisión de bicicleta que resultaba útil y económico.

La distancia entre centros dividida para el paso ($1500/12$) otorga el valor en pasos de la transmisión, es decir 125, sin embargo se debe resaltar que la transmisión tiene una guía en el riel, mismo que ayuda a evitar el problema de pandeo.

Por tanto se estima que el valor de f_3 también será 1.

		Relación de transmisión							
		1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1	7:1	8:1
Distancia entre centros, C	20 pasos	1,45	1,25	1,15	1,08	1,03	0,99	0,96	0,92
	30 pasos	1,31	1,14	1,06	1,01	0,97	0,94	0,91	0,87
	40 pasos	1,22	1,07	1,00	0,95	0,92	0,89	0,86	0,84
	50 pasos	1,15	1,01	0,95	0,91	0,88	0,85	0,83	0,81
	60 pasos	1,08	0,97	0,91	0,87	0,85	0,82	0,81	0,78
	80 pasos	1,00	0,87	0,84	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73

Tabla 16: Relación de transmisión y distancia entre centros (Coeficiente f_3)

Fuente: Catalogo General de Cadenas, JORESA

Resultados Obtenidos

Factor de Servicio → Coeficiente $f_1 = 1$

Nº dientes piñón → Coeficiente $f_2 = 1$

Relación de transmisión → Coeficiente $f_3 = 1$

Por tanto la potencia corregida (W_c) de la transmisión es la misma potencia calculada. Esto se contrasta con las recomendaciones conservadoras que hacen autores de libros de diseño.

$$W_c = Pot \times f_1 \times f_2 \times f_3$$

Ecuación 3

Remplazando los datos obtenidos, se tiene:

$$W_c = 13,8 \times 1 \times 1 \times 1 = 13,8 \text{ w}$$

Cálculos de Transmisión

Velocidad en la cadena (v)

$$v = \frac{Pz_1n_1}{1000}$$

Ecuación 4

Donde:

P Paso de la cadena (mm)

Z1 Número de dientes del piñón o rueda pequeña

n1 Número de vueltas del piñón (r.p.m.)

$$v = \frac{12.7 \times 17 \times 43}{1000} = 9.28 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Tensión ramal conductor (T)

$$T = \frac{6120W}{v}$$

Ecuación 5

Donde:

W, Potencia a transmitir (Kw)

v, Velocidad lineal de la cadena (m/min.)

$$T = \frac{6120 \times 0.0108}{9.28} = 7.12 \text{ kg}$$

Coeficiente de seguridad (K)

Dado que el coeficiente de rotura dado por el fabricante es de 12400 kg, entonces el factor de seguridad es:

$$K = \frac{f_4}{T}$$

Ecuación 6

Donde:

f₄, coeficiente de rotura (dado por el Fabricante)

T, Tensión ramal conductor

$$K = \frac{12400}{7.12} = 1741.5$$

También se ha comprobado por selección basada en potencia que el sistema se encuentra sobre diseñado dado que el sistema en sí mismo no es un sistema de potencia, sino que se trata de un prototipo (diseño de productos) el cual requiere una solución funcional y entonces se trata de una adaptación de mercado al prototipo.

CÁLCULO DE PANDEO DEL PERFIL ITEM 8 80X40 H

Según los datos del fabricante tenemos que:

	
Perfil 8 80x40 H	
Al, anodizado	
A = 16,76 cm ²	I _x = 26,87 cm ⁴ I _y = 101,19 cm ⁴
m = 4,53 kg/m	I _x = 20,84 cm ⁴ W _x = 25,29 cm ³
natural, corte max. 6 000 mm	
0.0.026.04	

Figura 32: Características del Perfil

Fuente: Catalogo General- Sistemas de construcción modular, ITEM

Momento de Inercia en el eje X	26.87cm ⁴
--------------------------------	----------------------

Según el catalogo del perfil 8 80x40, para calcular la flecha causada por el peso propio del perfil, debe aplicarse la ecuación 7:

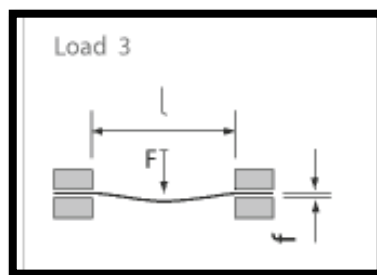


Figura 33: Calculo de flexión con carga 3 según el fabricante

Fuente: Catalogo General- Sistemas de construcción modular, ITEM

$$f = \frac{F \times L^3}{192 \times E \times I \times 10^4}$$

Ecuación 7

Donde:

F = Carga en N

L = Longitud del perfil en mm

I = Momento de inercia en cm⁴

E = Modulo de Elasticidad en N/mm²

E_{AI}=70000 N/mm²

$$f = \frac{58.8 \times 1500^3}{192 \times 70000 \times 26.87 \times 10^4}$$

$$f = 0.054 \text{ mm}$$

Este perfil se usa como riel para soportar el target en movimiento. Considerando al sistema como un modelo de viga hiperestática, empotrada en ambos lados.

A continuación, se demuestra cómo se obtuvo la formula la cual se mostró anteriormente, obtenida en el catálogo del fabricante.

Se traza el diagrama de cuerpo libre (Figura 34) indicando las reacciones desconocidas y la carga aplicada.

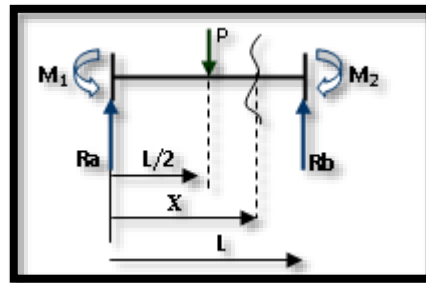


Figura 34: Diagrama de Cuerpo Libre

Fuente: El Autor

Ya que el sistema es hiperestático y se tienen varias incógnitas, se procede a realizar un corte imaginario de longitud = x en la viga con el fin de encontrar la ecuación de momentos en función de x.

El momento flector en la sección en x es:

$$M = Ra x - P \left(x - \frac{L}{2} \right) + M_1 \quad \text{Ecuación 8}$$

La ecuación diferencial de la elástica es:

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = M \quad \text{Ecuación 9}$$

Sustituyendo el valor de M se tiene

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = Ra x - P \left(x - \frac{L}{2} \right) + M_1 \quad \text{Ecuación 10}$$

Integrando la primera vez

$$EI \frac{dy}{dx} = \frac{Ra x^2}{2} - \frac{P}{2} \left(x - \frac{L}{2} \right)^2 - M_1 x + C_1 \quad \text{Ecuación 11}$$

Integrando nuevamente

$$EI y = \frac{Ra x^3}{6} - \frac{P}{6} \left(x - \frac{L}{2} \right)^3 - \frac{M_1 x^2}{2} + C_1 x + C_2 \quad \text{Ecuación 12}$$

La primera condición de frontera es:

$$\text{si } x = 0 \rightarrow \frac{d^2 y}{dx^2} = 0, \frac{dy}{dx} = 0$$

Según las condiciones de apoyo, la flecha es nula en los apoyos de la viga, por lo tanto:

$$C_1 = 0 \text{ y } C_2 = 0$$

La segunda condición de frontera es:

$$\text{si } x = L \rightarrow \frac{d^2 y}{dx^2} = 0, \frac{dy}{dx} = 0$$

Remplazando las condiciones en $x=L$, y las constantes c_1 y $c_2 = 0$, en la ecuación 11, se tiene:

$$0 = \frac{Ra L^2}{2} - \frac{P}{2} \left(L - \frac{L}{2} \right)^2 - M_1 L \quad \text{Ecuación 13}$$

Despejando el momento (M_1), se tiene:

$$M_1 = \frac{RaL}{2} - \frac{PL}{8} \quad \text{Ecuación 14}$$

Remplazando las condiciones en $x=L$, las constantes c_1 y c_2 son $= 0$ y M_1 (Ecuación 14) en la ecuación 12, se tiene:

$$0 = \frac{RaL^3}{6} - \frac{P}{6} \left(L - \frac{L}{2} \right)^3 - \frac{RaL^3}{4} - \frac{PL^3}{16} \quad \text{Ecuación 15}$$

Despejando la reacción (R_a), se tiene:

$$R_a = \frac{P}{2} \quad \text{Ecuación 16}$$

Remplazando la ecuación 16 en la ecuación 14, se obtiene el momento M_1 :

$$M_1 = \frac{PL}{8} \quad \text{Ecuación 17}$$

Entonces la ecuación general de la flecha es:

$$EIy = \frac{Px^3}{12} - \frac{P}{6} \left(x - \frac{L}{2} \right)^3 - \frac{PLx^2}{16} \quad \text{Ecuación 18}$$

Y la flecha máxima remplazando en $x = \frac{L}{2}$

$$y_{\max} = -\frac{PL^3}{192EI} \quad \text{Ecuación 19}$$

Sustituyendo finalmente los valores

$$y_{\max} = -\frac{58.8N * 1.5^3m^3}{192 * 70 * 10^9Pa * 26.87 * 10^{-8}m^4} = 0.00012m = 0.054mm$$

Límites de flexión recomendados

Se debe toma en cuenta lo siguiente:

Parte general de una maquina:	$y_{m\acute{a}x} = 0.0005 \text{ a } 0.003 \frac{\text{in}}{\text{in}} \text{ o } \frac{\text{mm}}{\text{mm}} \text{ de longitud de viga}$
Precisión moderada:	$y_{m\acute{a}x}$ $= 0.000 \text{ } 01 \text{ a } 0.0005 \frac{\text{in}}{\text{in}} \text{ o } \frac{\text{mm}}{\text{mm}} \text{ de longitud de viga}$
Alta precisión:	$y_{m\acute{a}x}$ $= 0.000 \text{ } 001 \text{ a } 0.000 \text{ } 01 \frac{\text{in}}{\text{in}} \text{ o } \frac{\text{mm}}{\text{mm}} \text{ de longitud de viga}$
Los valores numéricos dados aquí también se podrían expresar como la relación de flexión máxima a la longitud de la viga.	
Parte general de una maquina:	$y_{m\acute{a}x}/L$ $= 0.0005 \text{ a } 0.003 \frac{\text{in}}{\text{in}} \text{ o } \frac{\text{mm}}{\text{mm}} \text{ de longitud de viga}$
Precisión moderada:	$y_{m\acute{a}x}/L$ $= 0.000 \text{ } 01 \text{ a } 0.0005 \frac{\text{in}}{\text{in}} \text{ o } \frac{\text{mm}}{\text{mm}} \text{ de longitud de viga}$
Alta precisión:	$y_{m\acute{a}x}/L$ $= 0.000 \text{ } 001 \text{ a } 0.000 \text{ } 01 \frac{\text{in}}{\text{in}} \text{ o } \frac{\text{mm}}{\text{mm}} \text{ de longitud de viga}$

Tabla 17: Límites de flexión recomendados

Fuente: Resistencia de Materiales, Robert L. Mott, 5ta Edición

Si se multiplica el número por la longitud de la viga se obtiene la flexión máxima recomendada.

$$y_{adm} = 0.0005 \text{ mm} \times 1500 \text{ mm} = 0.75 \text{ mm}$$

Como se puede notar, la $y_{m\acute{a}x}$ calculada es menor a la y_{adm} , por lo tanto se concluye que el diseño de la viga es satisfactorio, con esto se evitara provocar deformaciones excesivas en los apoyos de la viga que a su vez podrían generar un mal funcionamiento del equipo.

CALCULO DE RESISTENCIA DE COLUMNAS (ESTRUCTURA)

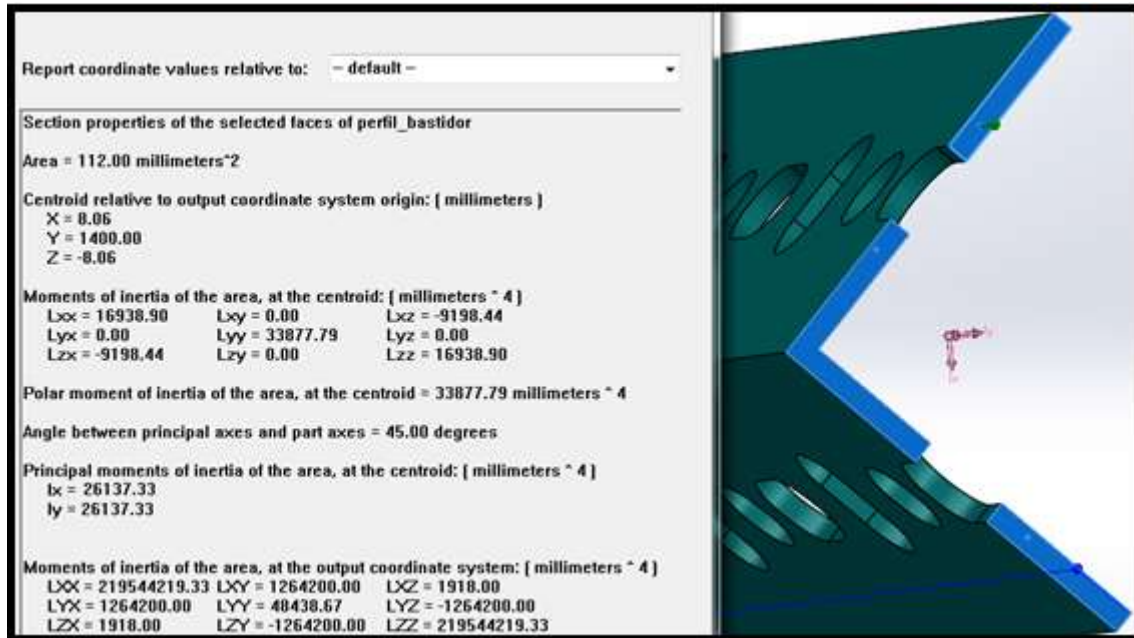


Figura 35: Calculo por Software - Inercia

Fuente: Autor

Para el cálculo de la comuna se procede a trabajar en el área crítica, la cual es la que tiene los agujeros. La inercia respecto del eje de aplicación de la carga es:

$$I_y = 26137.33 \text{ mm}^4$$

El radio de giro r es:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Ecuación 20

Donde:

I es la inercia respecto del eje de aplicación de la carga (y)

A es la sección transversal.

Remplazando,

$$r = \sqrt{\frac{26137.33 \text{ mm}^4}{113 \text{ mm}^2}} = 15.20 \text{ mm}$$

La relación de esbeltez es:

$\frac{L}{r}$ Donde L es la longitud de la columna y r el radio de giro.

Para este caso

$$\frac{L}{r} = \frac{1300 \text{ mm}}{15.20 \text{ mm}} = 85.47$$

Para la columna del soporte del dispositivo de tiro se tiene que la longitud es 1300 mm, y se considera el caso (a) de la figura 36, articulada en sus extremos, pues en la parte superior e inferior se encuentra empernada.

Longitudes efectivas de columnas						
Las líneas interrumpidas muestran la forma pandeada de la columna	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
						
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones son parecidas a las ideales.	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0

Figura 36: Longitudes efectivas de Columnas

Fuente: Resistencia de Materiales - Pytel - Singer - 4º Edición

A partir de la fórmula para columnas articuladas en sus extremos, se tiene:

La carga crítica (P_{cr}) es:

$$P_{cr} = \frac{EI\pi^2}{kL^2}$$

Ecuación 21

Dónde:

$E=200 \text{ MPa}$ (módulo de elasticidad acero A-36)

$I = 26137.33 \text{ mm}^4$ (Inercia)

$K=0.5$

$L= 1300$ (Longitud de la columna)

Remplazando:

$$P_{cr} = \frac{200 \text{ N/mm}^2 \times 26137.33 \text{ mm}^4 \times \pi^2}{0.5 \times (1300 \text{ mm})^2} = 61.05 \text{ N} = 6.23 \text{ kg}$$

Ahora el esfuerzo crítico,

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} \quad \text{Ecuación 22}$$

Remplazando:

$$\sigma_{cr} = \frac{61.05 \text{ N}}{113 \text{ mm}^2} = 0.54 \text{ MPa}$$

La resistencia máxima a la fluencia para un acero A-36 es de 250 MPa (36ksi), se tiene un coeficiente de seguridad de 500. Por tanto se demuestra la resistencia de la estructura.

Gracias al cálculo realizado en el software “Solidworks”, se obtuvo que la inercia respecto del eje de aplicación de la carga es: $I_y=26137.33 \text{ mm}^4$.

Para comprobar que el sistema se encuentra dimensionado correctamente, se procede a calcular la Inercia a partir de la fórmula para columnas articuladas en sus extremos:

$$P_{cr} = \frac{EI\pi^2}{kL^2}$$

Despejando la inercia I

$$I = \frac{PkL^2}{E\pi^2} \quad \text{Ecuación 23}$$

La carga aplicada en los extremos por reacción sería 3 kg (apx. 30 N) en cada extremo. K es el valor teórico = 1. Considerando un acero estructural con E=200 MPa (módulo de elasticidad acero A-36).

Remplazando en la Ecuación 23, se tiene:

$$I = \frac{30 \text{ N} \times 0.5 \times (1300 \text{ mm})^2}{200 \text{ N/mm}^2 \times \pi^2} = 12842.4 \text{ mm}^4$$

Queda demostrado que la inercia respecto del eje de aplicación de la carga calculada es menos a la inercia obtenida en el software, por lo tanto la columna se ha seleccionado correctamente y se tiene rigidez de la bancada.

3.5 ETAPA DE ALIMENTACIÓN

Para el proyecto se ha seleccionado una fuente de computador, una fuente de poder regulada, y un cargador de celular, los cual tiene los voltajes y amperajes necesarios para realizar el control del sistema deseado. La razón fundamental para esta selección fue la regulación de las fuentes.

En la tabla 18 se muestra las especificaciones de la fuente de computadora:

Voltaje (V)	Amperaje (A)
Fuente de Computadora	
3,3	16
12	30
-12	1
+5	19
-5	0.3
Fuente de Poder Regulada	
9	4.2
Cargador de Celular	
5	1

Tabla 18: Especificaciones Eléctricas de las fuentes utilizadas

Fuente: El Autor



Figura 37: Fuente de alimentación de computadora y especificaciones

Fuente: <http://componentespcc.blogspot.com/p/lpo.html>

En la tabla 19 se muestra las especificaciones eléctricas del motor:

Corriente nominal	(7 a 9) A
Potencia nominal a 12 V	28 W
Corriente con carga máxima aplicada	26 A

Tabla 19: Especificaciones eléctricas del motor

Fuente: http://www.casaferreira.com.br/bosch/pdf_bosch/CEP453023.pdf

En la Tabla 20 se muestra los datos experimentales, los cuales se comprobó que la máxima corriente que necesita el sistema para su funcionamiento es $I = 4,7 \text{ A}$

V	I medida
12 V	4,7 A
9 V	3,5 A
5 V	1,9 A

Tabla 20: Tabla de Mediciones

Fuente: El Autor

Por lo tanto la fuente de computadora ATX, si cumple con los requisitos para proveer de energía a todo el sistema.

Fuente de alimentación de cargador



Figura 38: Cargador de celular

Fuente: http://liderpc.com.ar/contents/es/d5_Cargadores.html

Para evitar sobre corrientes en el sistema, se buscó una alternativa la cual consiste en utilizar tres tipos diferentes fuentes de alimentación. Una fuente de computadora y una fuente de poder reguladora de voltaje para alimentar la parte de potencia y una fuente de celular para alimentar a la parte de control.

- Corriente máxima que soportan las pistas de las placas de control.

$$I_{placa_máximo} = 7 A$$

- Corriente que circula por las placas de control

$$I_{placa_máximo} = 150 mA$$

- Corriente de la tarjeta de control de giro

$$I_{tarjeta} = 300mA$$

Corriente total que requiere la parte de control del sistema es:

Ecuación 24

$$I_{Total} = I_{placa_máximo} + I_{tarjeta}$$

$$I_{Total} = 150 mA + 300mA$$

$$I_{Total} = 450 mA$$

Con lo cual se comprueba que el cargado de celular elegido si puede proveer de suficiente energía a las placas del circuito de control.

3.6 ETAPA DE DETECCIÓN DE PUNTAJES

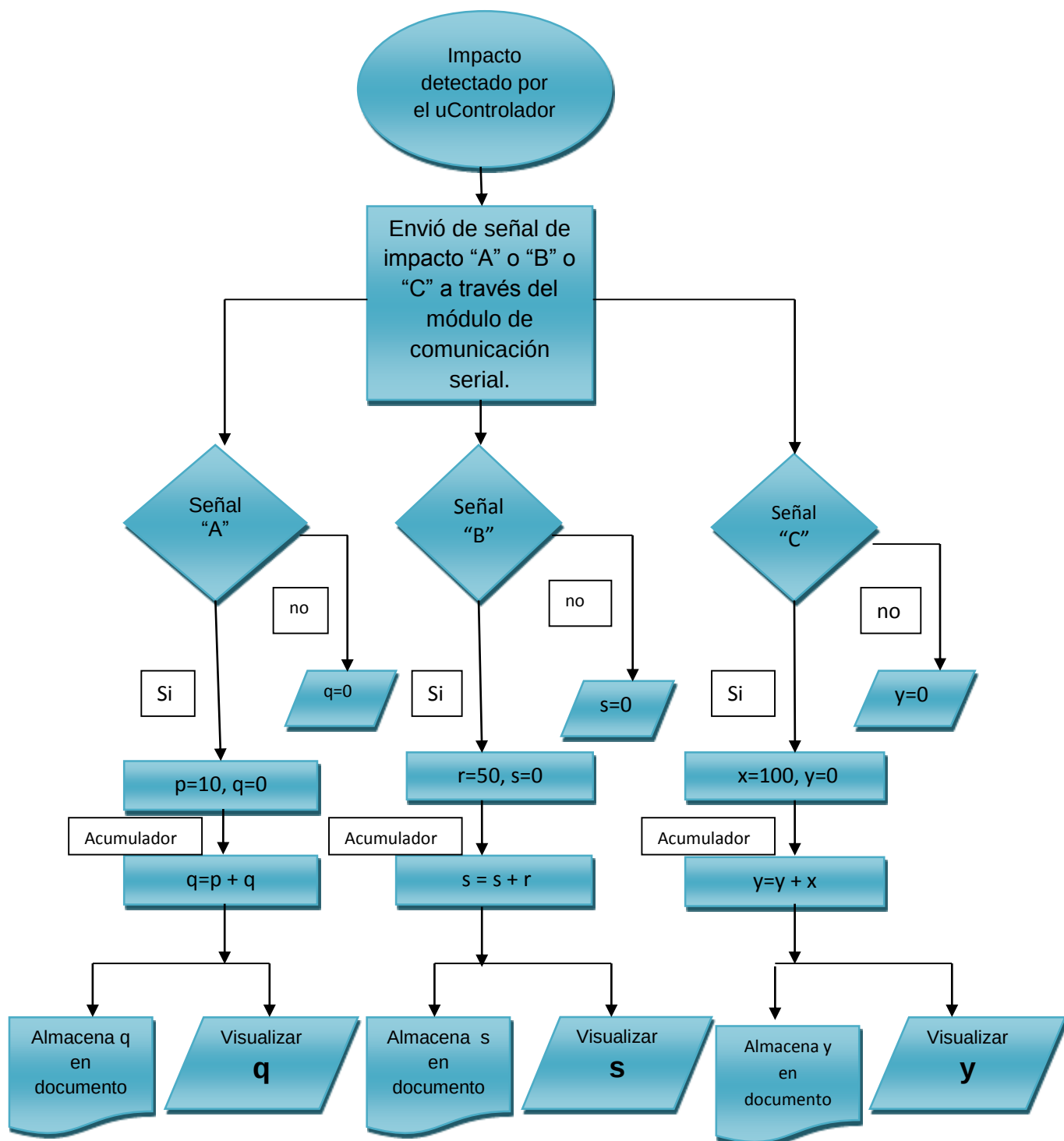


Figura 39: Etapa de detección de Puntajes

Fuente: El Autor

Leyenda:

A: señal recibida para puntaje de 10.

B: señal recibida para puntaje de 50.

C: señal recibida para puntajes de 100.

p, r, x se inician en cero

q, s, y: valores iniciales de los acumuladores para los puntajes de 10, 50 y 100, respectivamente.

Finalmente se visualizan los valores finales de q, s, y.

Impacto en la placa A.

Se cierra el circuito entre la placa externa y los sensores que esten previamente colocalos en la placa de cierre.

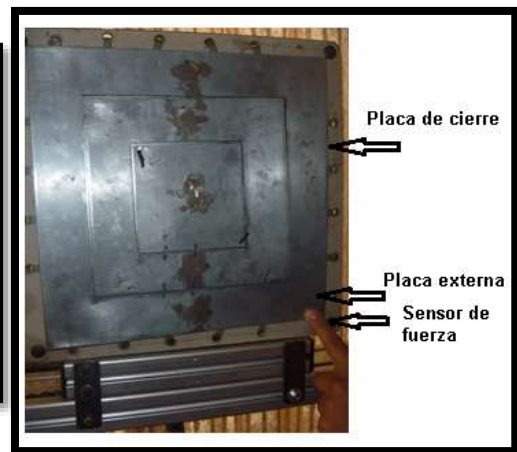
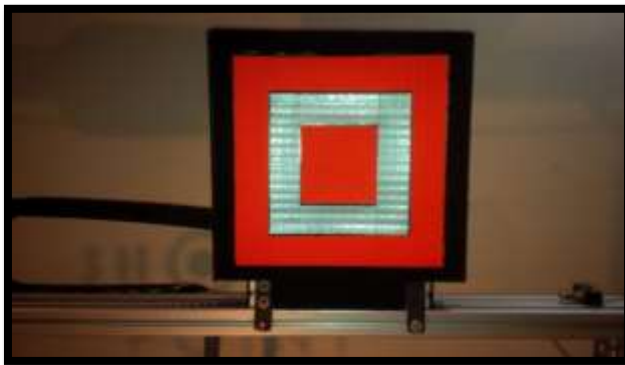


Figura 40: Target

Fuente: El Autor

Activación de los sensores

Cuando se detecta una fuerza considerable el sensor de fuerza, cambia su resistencia, y como está acondicionado en un circuito divisor de voltaje, provoca un cambio considerable en a la salida del circuito.

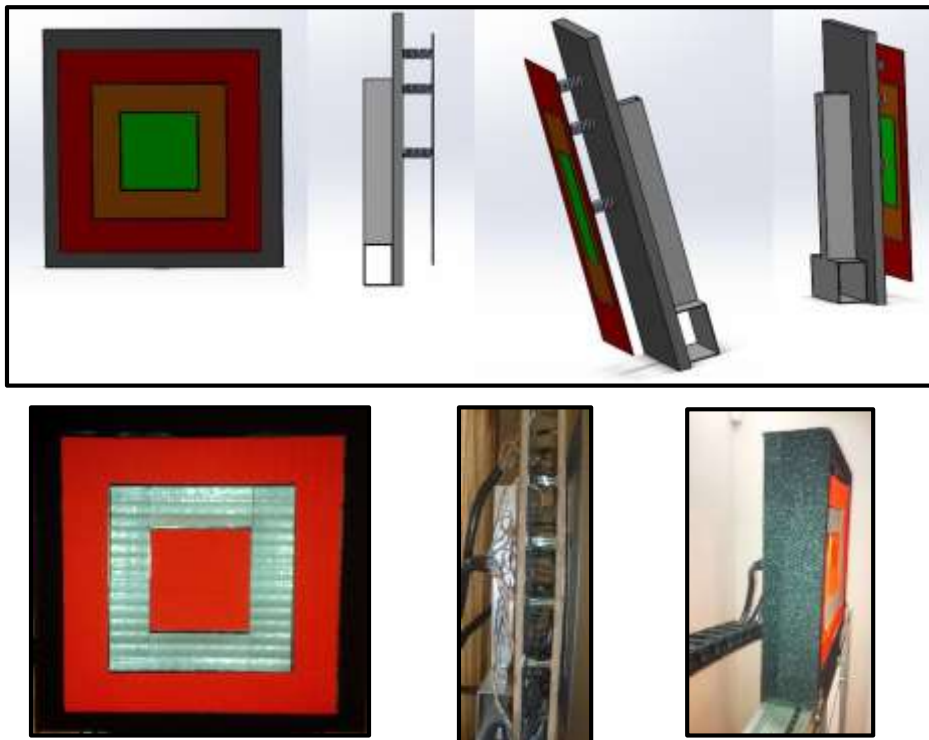


Figura 41: Perfil del Target
Fuente: El Autor

La señal llega al computador a través del puerto serial de la misma.
Lo que primero hace, es leer a través del bloque de lectura del programa Labview.
Después, se tiene un bloque de lectura para identificar el dato que se ha recibido.

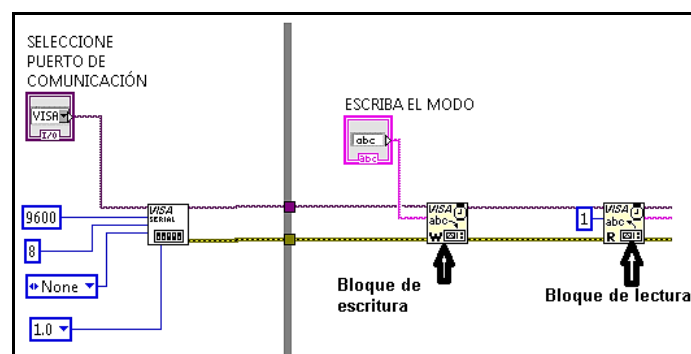


Figura 42: Bloque de escritura y lectura para identificar el dato
Fuete: El Autor

Una vez que el dato ya ha sido adquirido, se procede a identificar de que placa a proveniente para lo cual se utiliza los bloques llamados CASE STRUCTURE.

El CASE STRUCTURE, solo hace pasar el dato si es de la placa para cual esta programado.

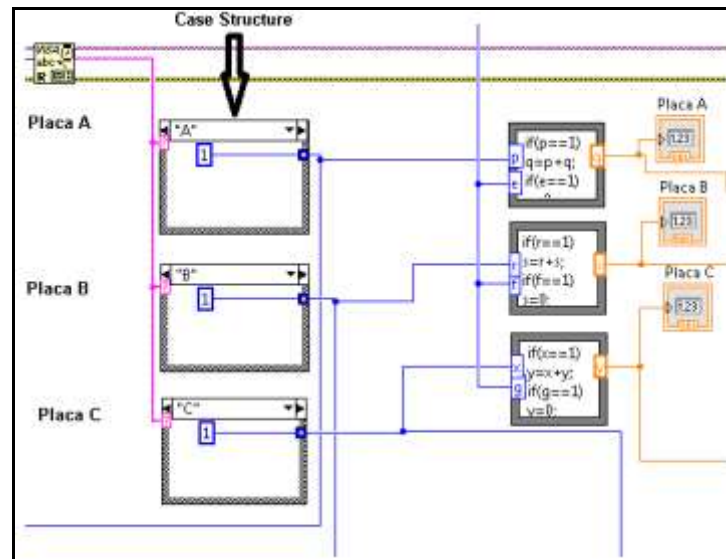


Figura 43: Case Structure

Fuete: El Autor

El bloque que viene a continuación es un acumulador el cual hace que cada ves que se pulse la placa, aumente en una valor de uno.

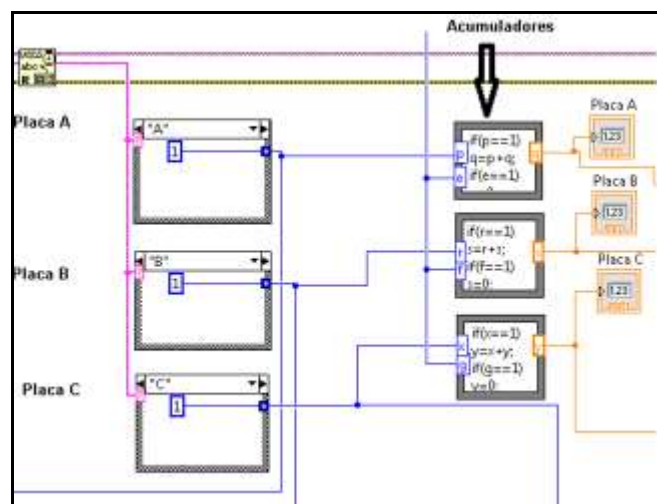


Figura 44: Acumuladores

Fuete: El Autor

Como este es un sistema que va evaluar la puntería de los usuario, se creyó conveniente que el puntaje sea mostrado en el orden de las decenas y centenas, por tal motivo, después del bloque viene un bloque multiplicador el cual, ejecuta la función de multiplicar cada dato por 10, 50 o 100 según el caso.

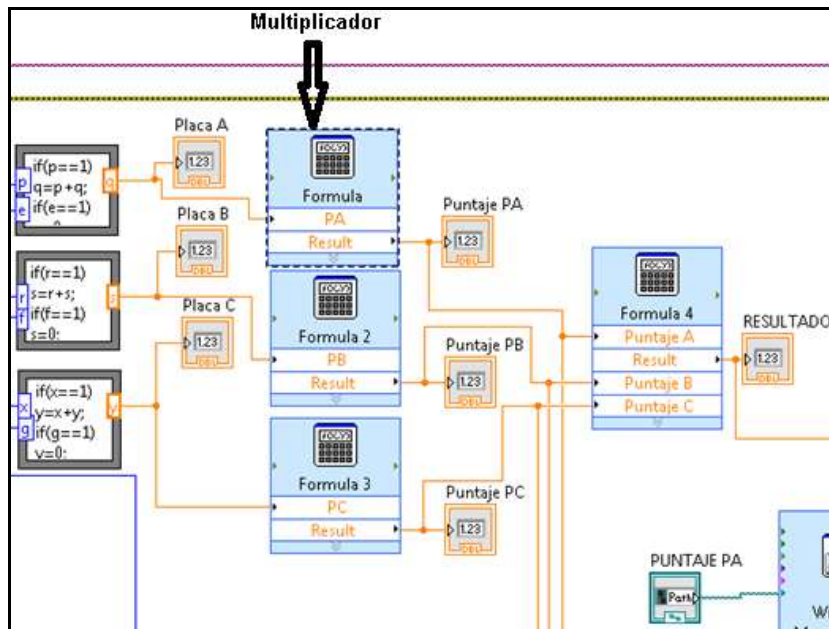


Figura 45: Multiplicador

Fuete: El Autor

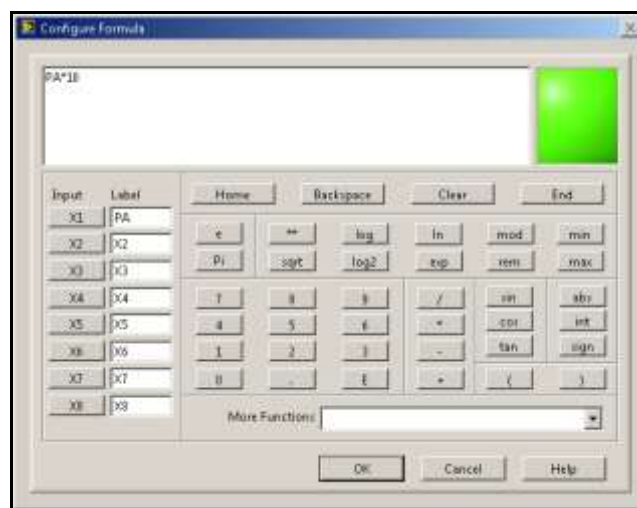


Figura 46: Multiplicador - Propiedades

Fuete: El Autor

Finalmente lo que se hace es sumar todos los puntajes mediante el siguiente bloque.

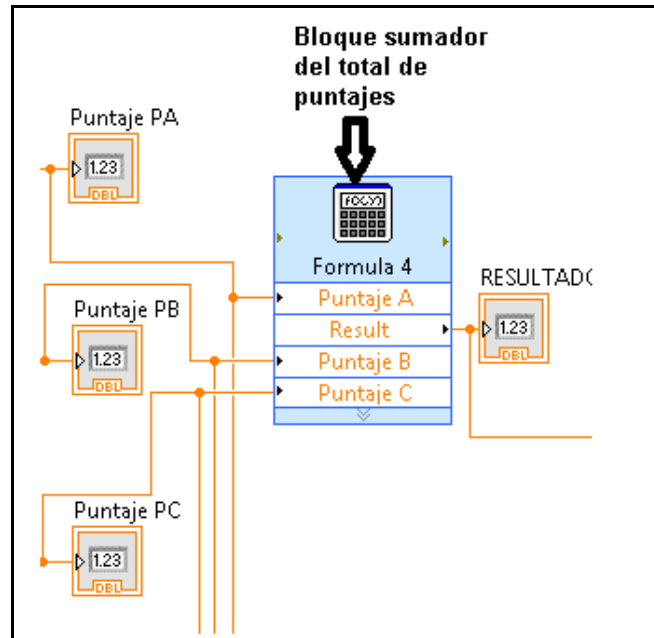


Figura 47: Bloque sumador – Total Puntaje

Fuete: El Autor

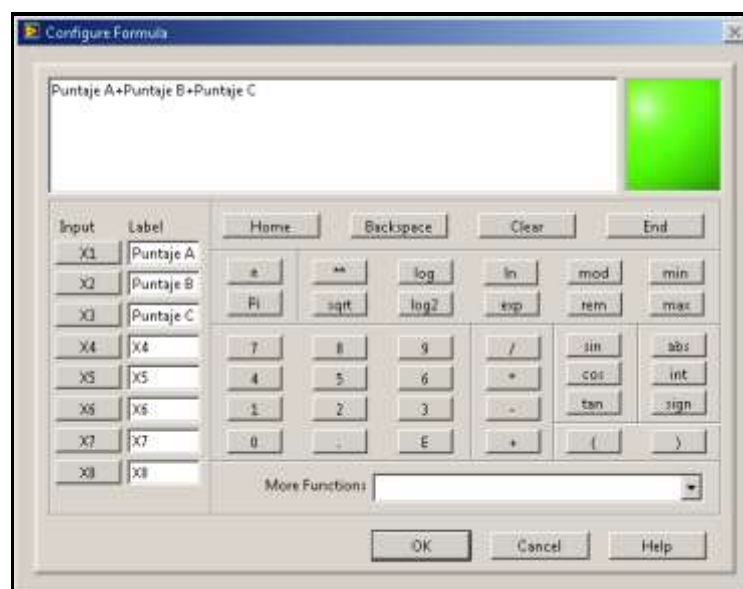


Figura 48: Bloque sumador – Total Puntaje (Propiedades)

Fuete: El autor

3.7 ETAPA DE ALMACENAMIENTO

Para la etapa de almacenamiento de los datos se utiliza una herramienta del software LabView denominada, write to measurement file que permite almacenar los datos de cualquier variable en un archivo con el formato .lvm para visualizar dichos datos se lo hace mediante la aplicación de Microsoft Excel. Al abrir el archivo se observan los datos obtenidos en función del tiempo, es decir en la primera columna se almacenan los tiempos en que se ha tomado los datos y en la segunda columna se almacenan los valores de los datos.

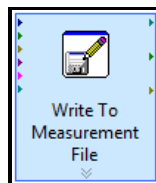


Figura 49: herramienta para almacenar los datos.

Fuente: El autor

Para configurar la herramienta de almacenamiento de datos se da doble clic en el bloque *write to measurement file*. En el cual se abrirá una ventana tal como se observa en la figura 50:

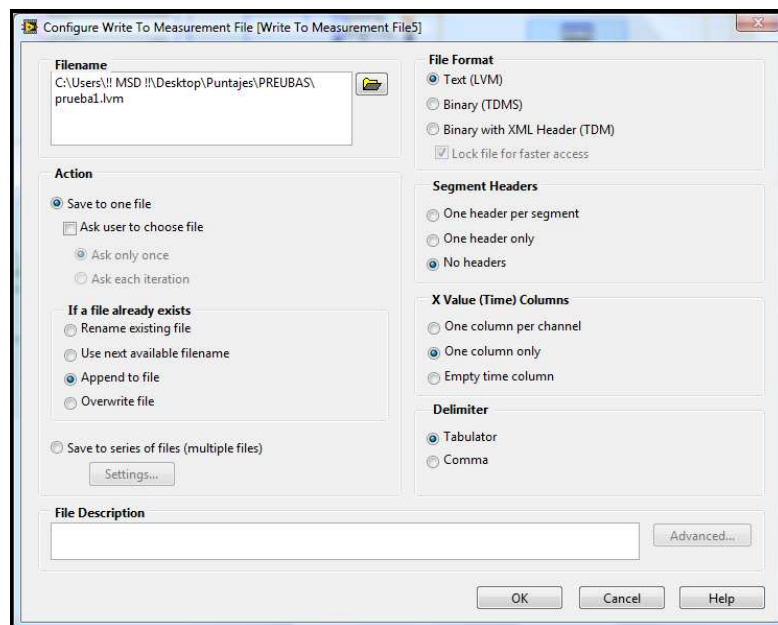


Figura 50: Ventana de configuración para almacenar datos

Fuente: Autor

Para empezar a configura la herramienta se debe crear en el escritorio una carpeta en el cual se almacenara los archivos con los respectivos datos. Se debe colocar el direccionamiento de dicha carpeta en el programa como se muestra en la figura 51:



Figura 51: Ventana para guardar el archivo

Fuente: El autor

Se escoge la carpeta donde se quiere almacenar los archivos, luego se escribe el nombre del archivo que se va a almacenar los datos y se da un clic en ok.

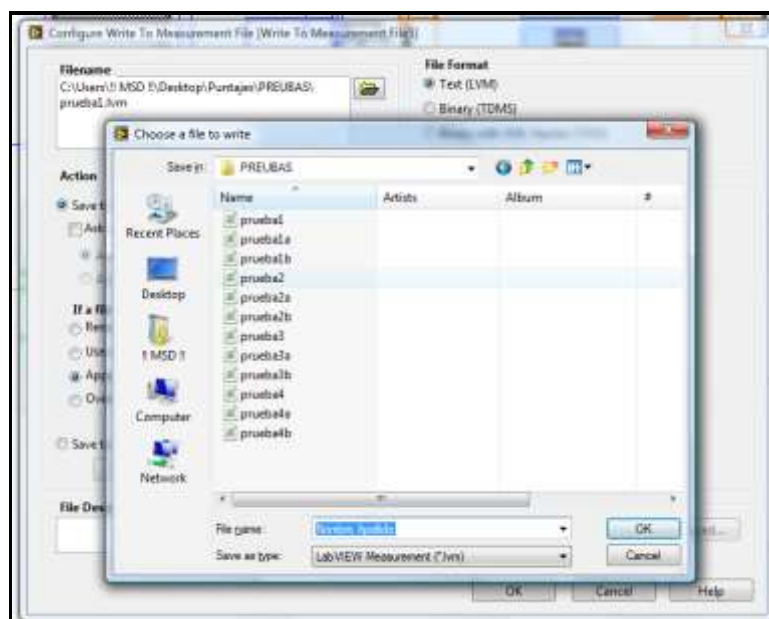


Figura 52: Ventana de configuración para almacenar datos

Fuente: El Autor

Una vez hecho los pasos anteriores se realiza la siguiente configuración como se muestra en la figura 53:

- *File Format* se debe seleccionar *Text (LVM)*.
- *Segment Headers* se debe seleccionar *No headers*
- *X Value (Time) Columns* se debe seleccionar *One column only*
- *Delimiter* se debe seleccionar *Tabulator*
- *Action* se debe seleccionar *Save to one file*
- *If a file already exists* se debe seleccionar *Append to file*

Al finalizar se da clic en ok y la herramienta se encuentra configurada para almacenar los datos

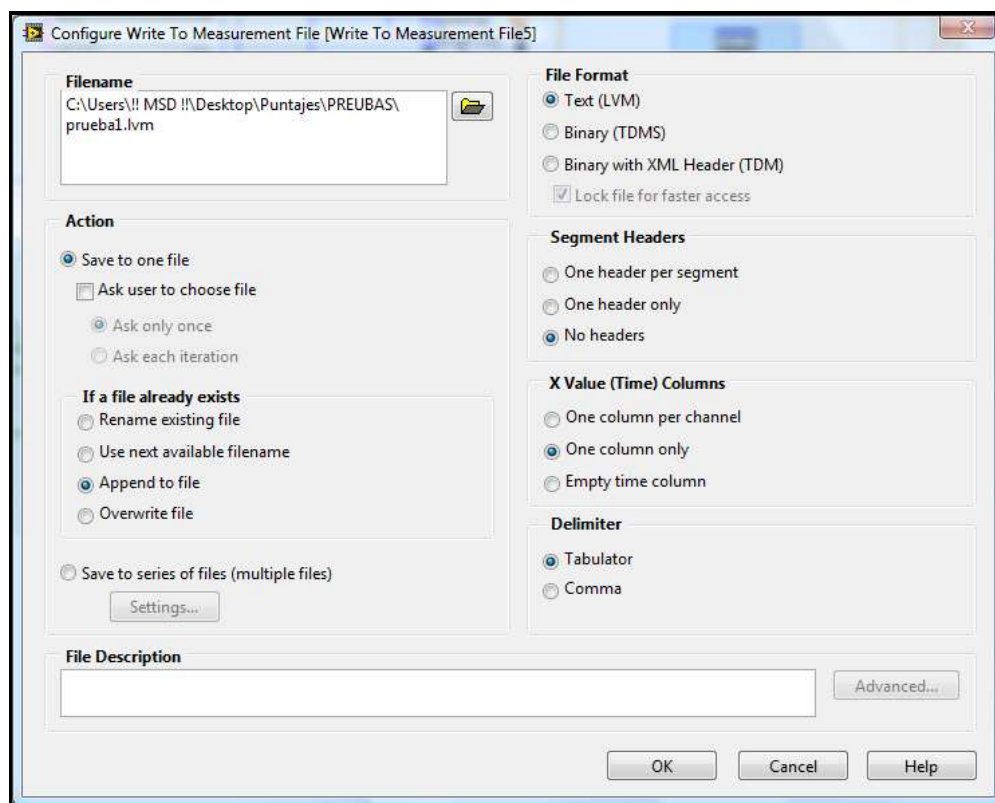


Figura 53: Ventana de configuración

Fuente: El Autor

Una vez configurado la herramienta se debe realizar la conexión de la variable a almacenar en la línea que dice *Signals (Señales)*.

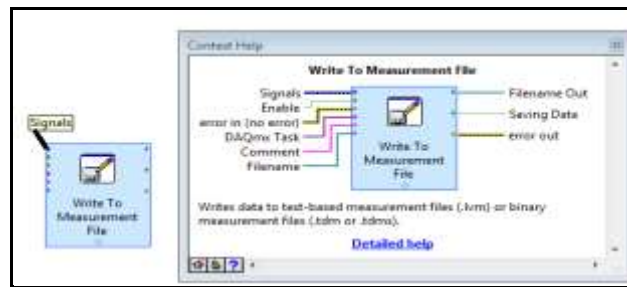


Figura 54: Características de la herramienta para almacenar los datos.

Fuente: El Autor.

Los archivos donde se guardan los datos se visualizaran como se observa en la figura 55:

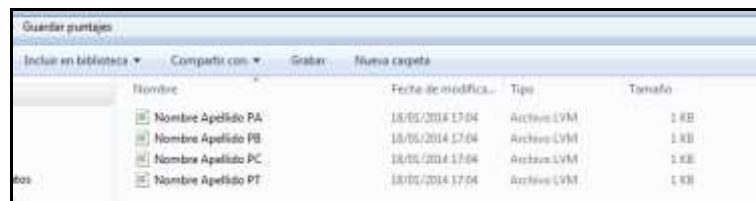


Figura 55: Visualización de los archivos

Fuente: EL Autor

Para abrir los archivos se configura la opción para abrir de manera predeterminada con la aplicación de Microsoft Office Excel, como se muestra en la figura 56:

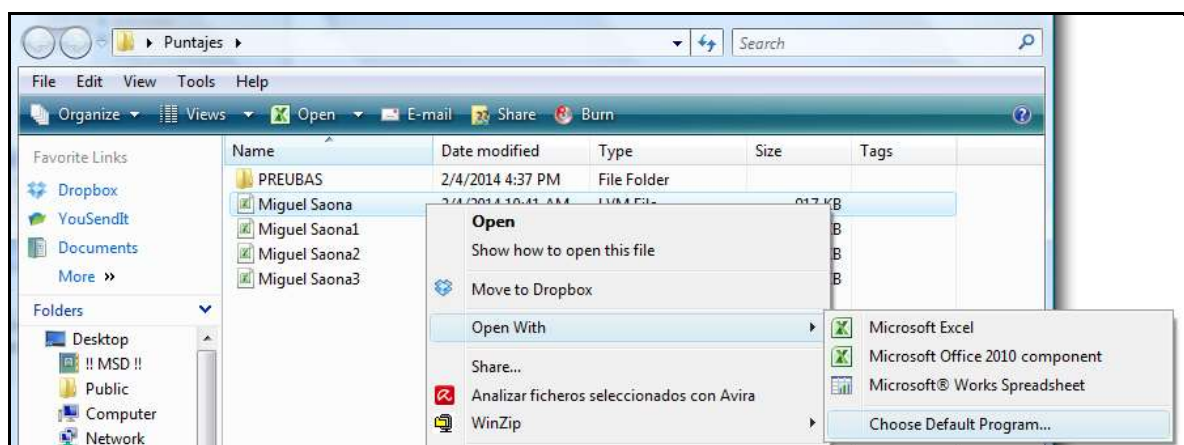


Figura 56: Selección de la aplicación para visualizar los datos

Fuente: El autor

3.8 ETAPA DE COMUNICACIÓN

Comunicación USB 2.0 SERIAL RS232 UART TTL - CP210x44



Figura 57: Módulo de comunicación serial

Fuente: <http://store.extremeelectronics.co.in/USB-to-UART-Bridge-CP2102-Based.html>

Se seleccionó este módulo de comunicación USB-serial ya que la comunicación entre el computador y el microcontrolador es más rápida, sencilla y fiable, de modo que se puede manejar las señales de control y la adquisición de datos de una forma fácil. Además en este módulo de comunicación vienen incorporados todo los elementos necesarios es decir es un componente embebido, evitando los ruidos, permitiendo que las señales lleguen y se envíen sin ser afectadas. El CP2102, es utilizado para remplazar los dispositivos basados en puerto serial por el USB.

Cómo funciona el convertidor CP2102 USB-UART y pasos a seguir:

- Instalar el controlador correcto para Windows XP / Vista / 7.
- Conectar el módulo a cualquier puerto USB del PC.
- Un nuevo puerto COM se pondrá a disposición del PC.

*“La característica que hace que sea más conveniente es que los datos de nivel TTL i/o. Por lo tanto no es necesario hacer un convertidor RS232 a TTL con Circuitos Integrados como el MAX232. El pasador de Rx y Tx se puede conectar directamente a los pines MCU (suponiendo 5v I/O)”.*¹⁴

A continuación, se describe los puertos de comunicación de configuración.

¹⁴ USB TO UART BRIDGE - CP2102, [HTTP://STORE.EXTREMEELECTRONICS.CO.IN/USB-TO-UART-BRIDGE-CP2102-BASED.HTML](http://STORE.EXTREMEELECTRONICS.CO.IN/USB-TO-UART-BRIDGE-CP2102-BASED.HTML)

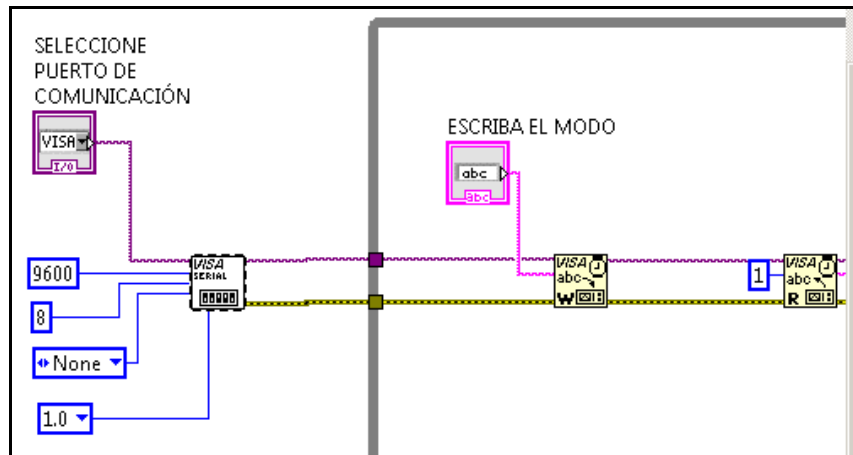


Figura 58: Descripción del puerto de configuración serial, escritura y lectura

Fuente: Autor

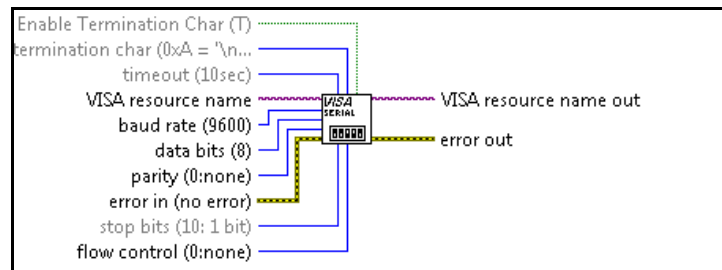


Figura 59: Descripción del puerto de configuración serial

Fuente: Autor

Inicializa el puerto serial especificado mediante el **VISA resourcename** hacia configuraciones especificadas. Cable de dato va hacia la entrada **VISA resourcename** para determinar el dato enviado para su uso o selección manual.

Una vez que se ya tiene configurado el VISA SERIAL, se tienes que enviar el dato a un bloque de escritura.

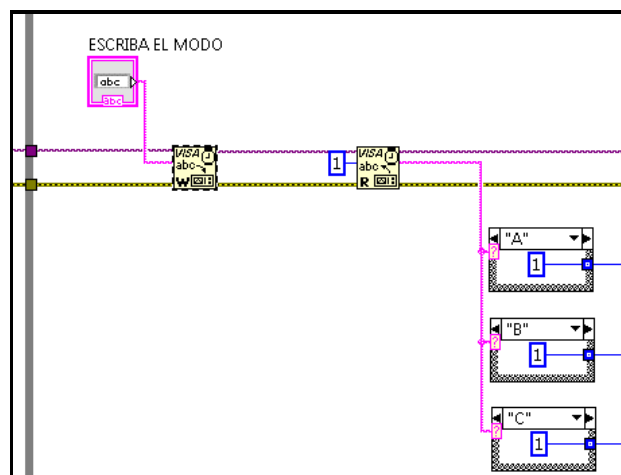


Figura 60: Descripción del bloque de escritura y lectura

Fuente: Autor

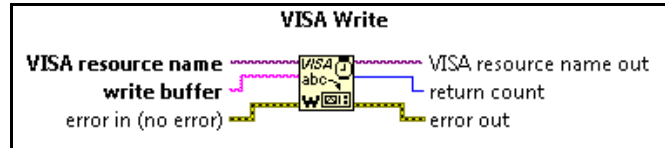


Figura 61: Descripción del bloque de escritura

Fuente: Autor

Escribe el dato desde el **write buffer** hacia el dispositivo o interface especificada por el **VISA resource name**.

Después que el dato escrito, se lo envía al bloque de lectura, tal como se describe a continuación.

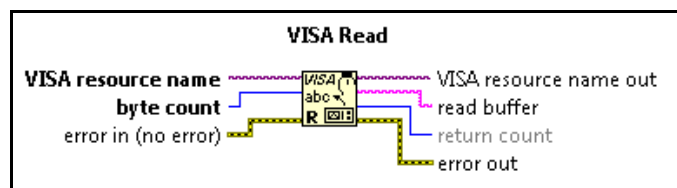


Figura 62: Descripción del bloque de lectura

Fuente: Autor

Lee el número específicos de bytes desde el dispositivo o interface especificada por **VISA resource name** y retorna el dato en **read buffer**.

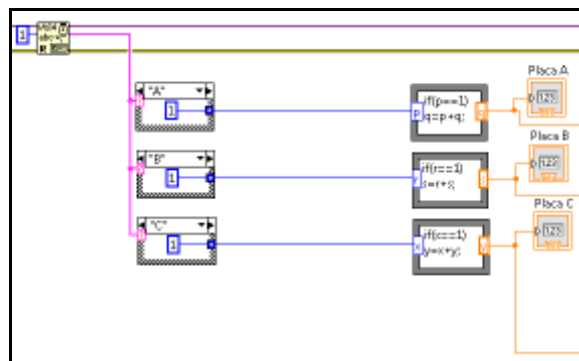


Figura 63: Descripción del bloque de procesamiento de datos

Fuente: Autor

Después cada dato se los envía a tres posibles casos, dependiendo de la programación de microcontrolador, para que en el siguiente bloque aumente un valor de una unidad cada vez que llegue un dato y finalmente se lo muestra en un indicador.

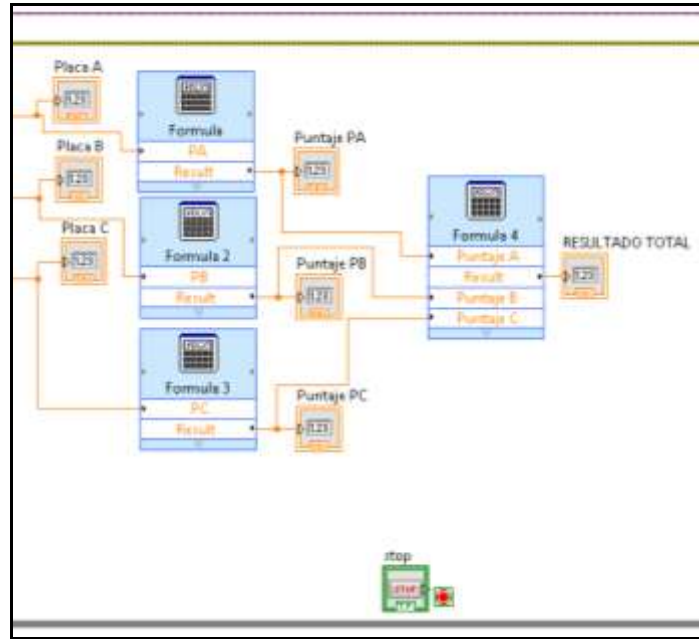


Figura 64: Descripción del bloque de presentación de datos

Fuente: Autor

Una vez que los datos que han sido acumulados, se los multiplica por el valor de 10 para que sean presentados en forma de porcentaje.

Y todo esto está dentro de un bloque, el cual está activo siempre y cuando no se presione el botón de **STOP**.

Para guardar los datos de la prueba se utiliza el comando write to measurement file el cual nos permite guardar archivos para ser abierto con el programa de Excel.

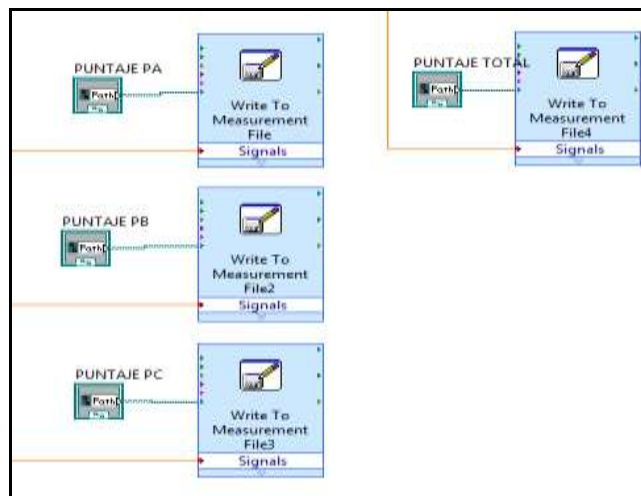


Figura 65: Descripción de los cuadros para guardar los datos.

Fuente: Autor

Para reiniciar el sistema se agregó un case con un botón para inicializar las pruebas.

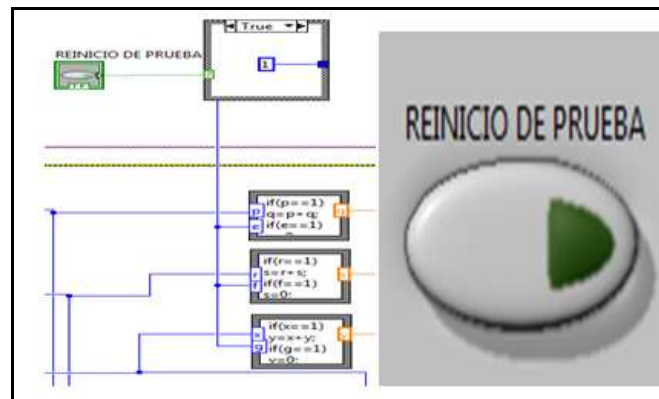


Figura 66: Descripción de los cuadros para reiniciar las pruebas.

Fuente: Autor

Para mostrar que placa se activó se agregó leds virtuales que nos indican por un segundo según como se activan.

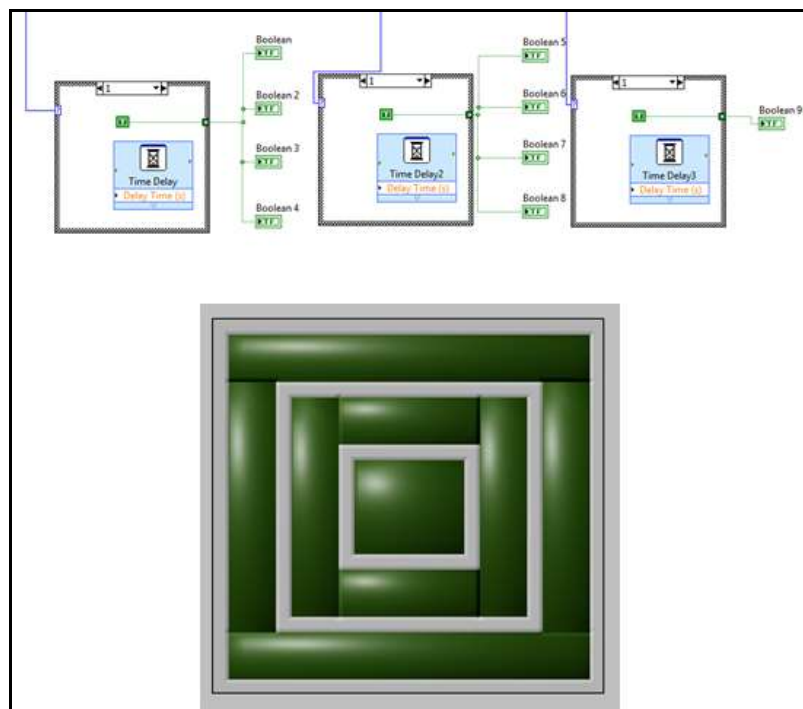


Figura 67: Descripción de los cuadros para visualizar las placas que se activan

Fuente: Autor

3.9 SISTEMA ELÉCTRICO Y CONTROL

Divisor de Voltaje para el Sensor de fuerza resistivo FSR

Para una simple conversión de fuerza-tensión, el dispositivo FSR está ligado a una resistencia de medida en un divisor de tensión y la salida se describe mediante la siguiente ecuación:

$$V_{out} = \frac{R_M V}{(R_M + R_{FSR})} \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

V_{out} = Voltaje de Salida

V = volt referencia

R_M = Resistencia de Medición

R_{FSR} = Resistencia sensor

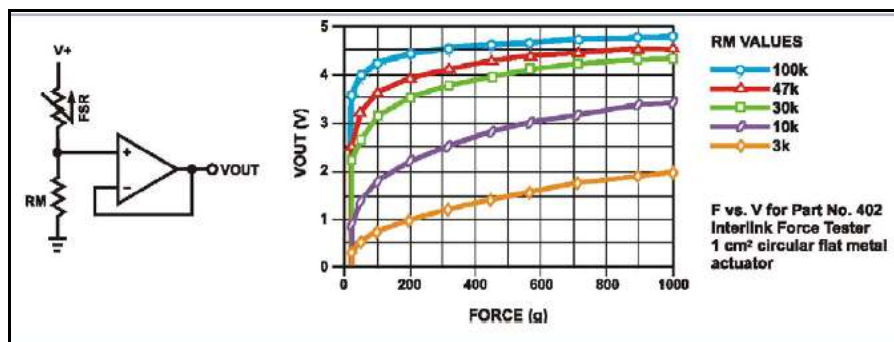


Figura 68: Acondicionamiento del sensor FSR (Force Sensor Resistor)

Fuente: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Pressure/fsrguide.pdf>

En la configuración mostrada, la tensión de salida aumenta con el aumento de la fuerza.

Si R_{FSR} y R_M se intercambian, la oscilación de salida disminuye con el aumento de la fuerza.

La resistencia de medición, R_M se elige para maximizar el rango de sensibilidad fuerza deseada y para limitar la corriente. Dependiendo de los requisitos de impedancia del circuito de medición, el divisor de tensión podría ser seguido por un amplificador operacional.

Una familia de la curvas V_{out} vs Fuerza se muestra en la figura 68 para una FSR estándar en una configuración de divisor de tensión con varias resistencias R_M . Un voltaje (V_+) de 5 V se usó para estos ejemplos. Se debe tener en cuenta que los valores del gráfico son sólo para referencia y pueden variar entre los diferentes sensores y aplicaciones.

Diseño del circuito de acondicionamiento

Datos:

$$C = 100 \mu f$$

$$T = 1 \text{ segundo}$$

$$R = \frac{T}{1.1C}$$

Ecuación 26

Remplazando:

$$R = \frac{1 \text{ seg}}{1.1(100 \mu f)}$$

$$R \sim 9.1 \text{ K}\Omega$$

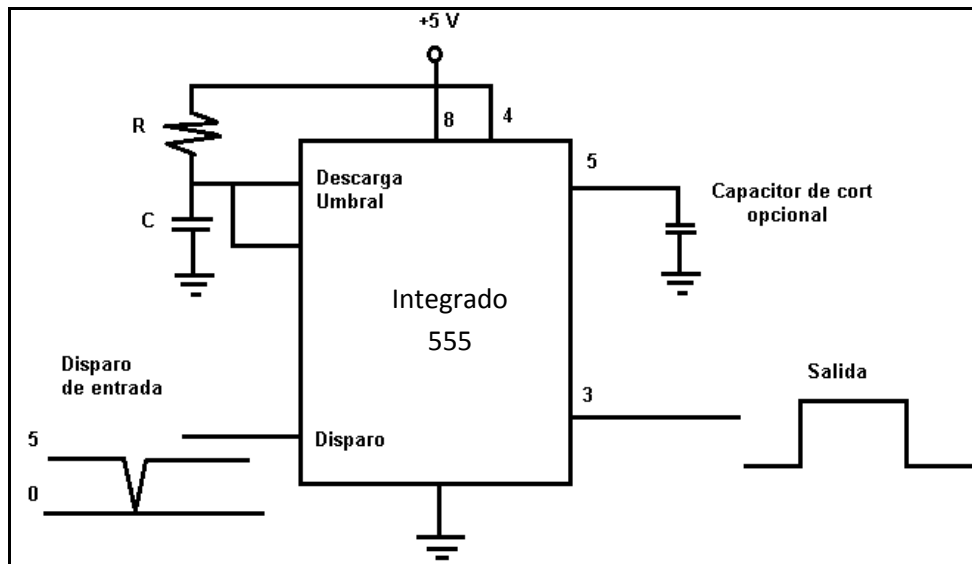


Figura 69: Esquema de diseño del circuito de enclavamiento de la señal de los sensores para un microcontrolador.

Fuente: Diseño Electrónico – Savant, Roden y Carpenter

Descripción del circuito de adquisición de señales de los sensores

Cuando se quiere los datos lo que primero se debe hacer es acondicionar la señal del sensor, para lo cual se envía esta señal a un amplificador para aumentar la amplitud de la señal, ya que a veces es muy pequeña y no puede ser leído por el microcontrolador.

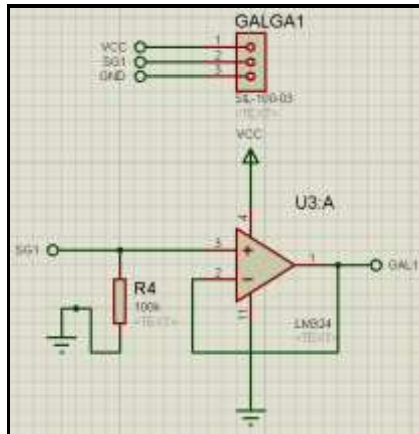


Figura 70: Esquema de ISIS del circuito de amplificación de la señal de los sensores

Fuente: Autor

Una vez que, que se tiene la amplificación se enclava la señal para que pueda ser reconocida por el microcontrolador, para este caso se ha diseñado para que la señal dure aproximadamente 1 segundo

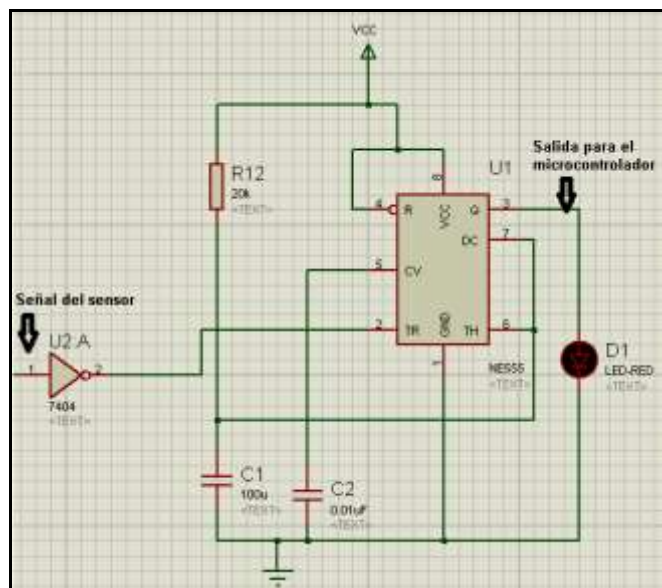


Figura 71: Esquema de diseño del circuito de enclavamiento en ISIS de la señal de los sensores

Fuente: Autor

Acondicionamiento de la señal de los sensores.

Como las señales de los sensores, tiene una duración muy corta, se necesita enclavar dichas señales para que puedan ser leídas por el microprocesador.

El circuito que se utilizó para enclavar la señal es un circuito 555 monoestable, el cual hace que la señal dure 1 segundo.

Las señales de los sensores son digitalizadas mediante un juego de compuertas lógicas y el circuito con el circuito integrado 555 ya descrito. Estas señales se conectan a los puertos A, B, C y D. Esto porque llevar solo señales analógicas directamente de los sensores resultaba imposible dado que solo el puerto A es analógico.

El puerto E, se lo utiliza para las señales de los finales de carrera.

En el puerto C, los pines Rx y Tx, son utilizados para la comunicación.

Y finalmente se tiene el puerto B como salidas para el motor

Cálculo para el funcionamiento de relés y su control.

Relé 5V DC - 110-220 VAC a 10 A



Figura 72: Relé 5V

Fuente: http://www.olimex.cl/product_info.php?products_id=574

Para la activación de los relés se utilizó el transistor 2N3904.

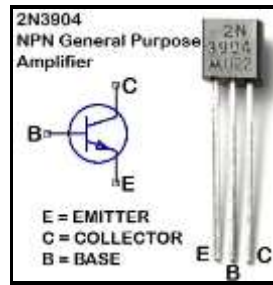


Figura 73: Transistor 2N3904

Fuente: www.datasheets360.com/2N3904

Para aislar el circuito de control del circuito de potencia se usa un fototransistor ECG3040.

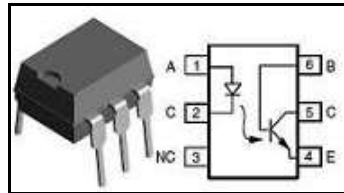


Figura 74: Fototransistor ECG3040

Fuente: <http://www.datasheetarchive.com/ECG3040-datasheet.html>

El voltaje de alimentación $V_{cc} = 5\text{ V}$ y constante $\beta = 50$.

Empleando una resistencia de base $R_c = 75\ \Omega$, se calcula la corriente de saturación I_{csat} :

$$I_{csat} = \frac{V_{cc}}{R_c} \quad \text{Ecuación 27}$$

$$I_{csat} = \frac{5V}{75\Omega} = 63\text{ mA}$$

Entonces la corriente de base:

$$I_B = \frac{I_{csat}}{\beta} \quad \text{Ecuación 28}$$

$$I_B = \frac{63\text{mA}}{50} = 1.26\text{mA}$$

Aplicando un 20% de margen de seguridad

$$I_{BS} = I_B * fs = 1.26 \times 10^{-3} * 1.2 = 1.51226\text{mA}$$

Y finalmente la resistencia de base (R_B) con voltaje de base $V_B = 5 \text{ V}$ y voltaje base-emisor $V_{BE} = 0.25 \text{ V}$.

$$R_B = \frac{V_B - V_{BE}}{I_B}$$

$$R_B = \frac{5 - 0.25}{1.51226 \times 10^{-3}} = 3141.53 \approx 3000 \Omega$$

Ecuación 29

En esta placa se detallan los relés que se ocupan para hacer el cambio de giro cada vez que haya una señal de control en las diferentes entradas del dispositivo.

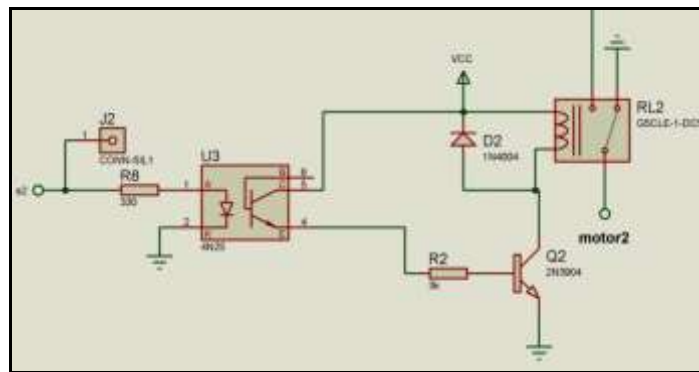


Figura 75: Esquema de diseño del circuito de Cambio de Giro

Fuente: Autor

3.10 CIRCUITOS DEL SISTEMA

A continuación se mostraran cada uno de los circuitos utilizados en el sistema:

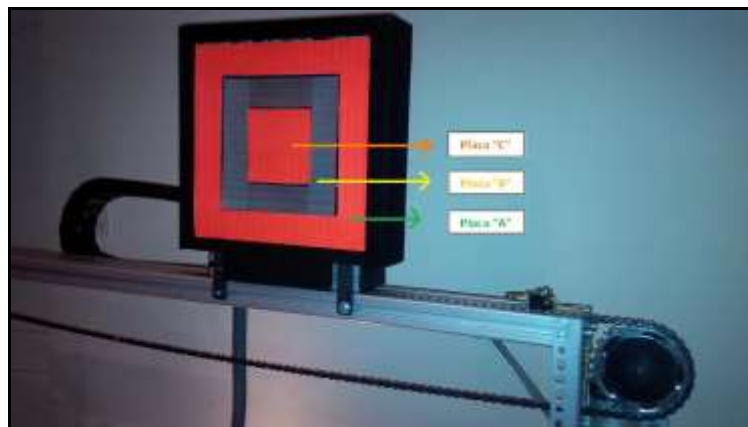


Figura 76: Target, placas A, B, C

Fuente: Autor

Circuito de control y comunicación serial

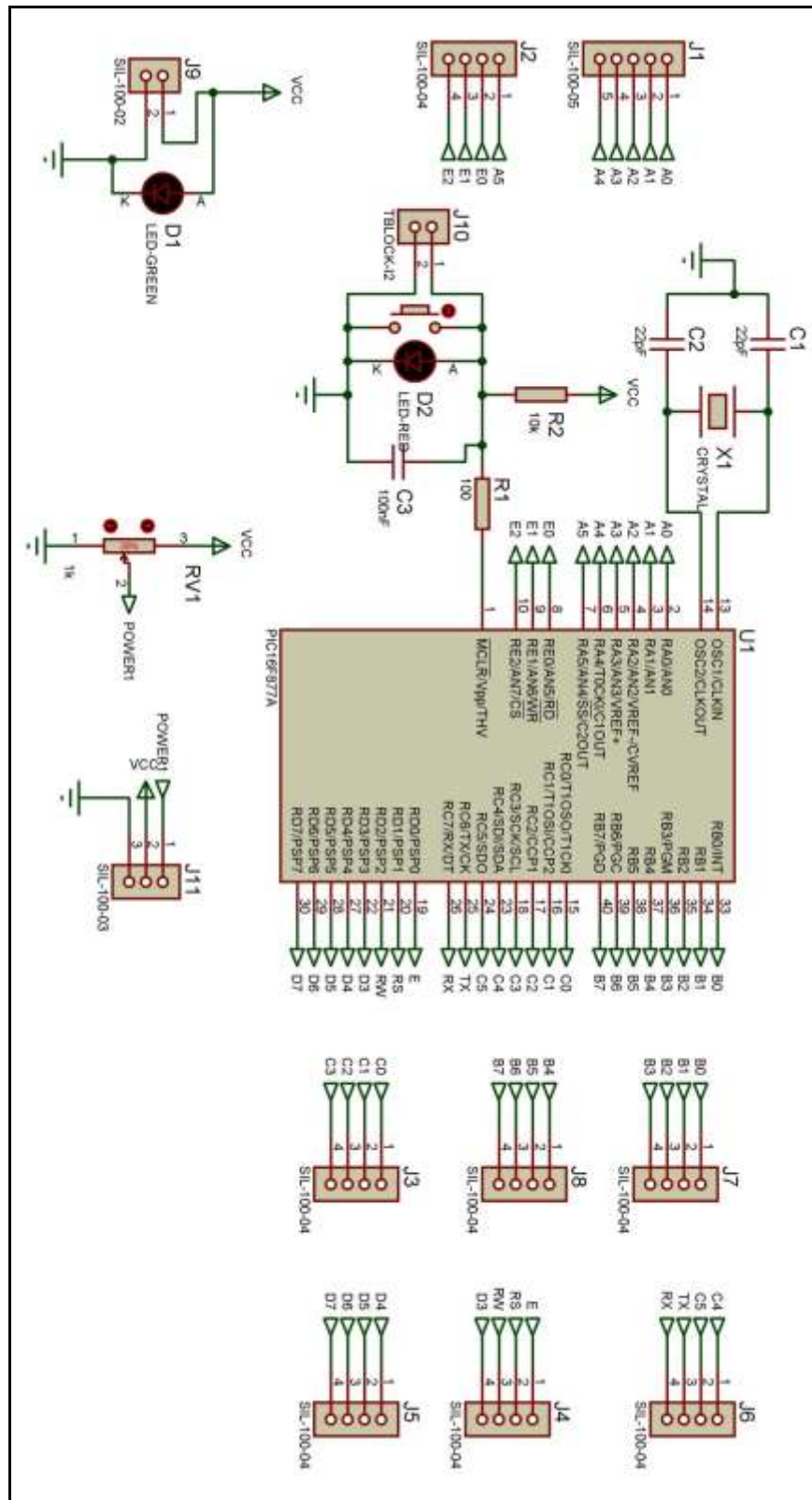


Figura 77: Esquema de diseño de circuito de control con el microcontrolador

Fuente: El Autor

Circuito de acondicionamiento de los sensores de la placa A

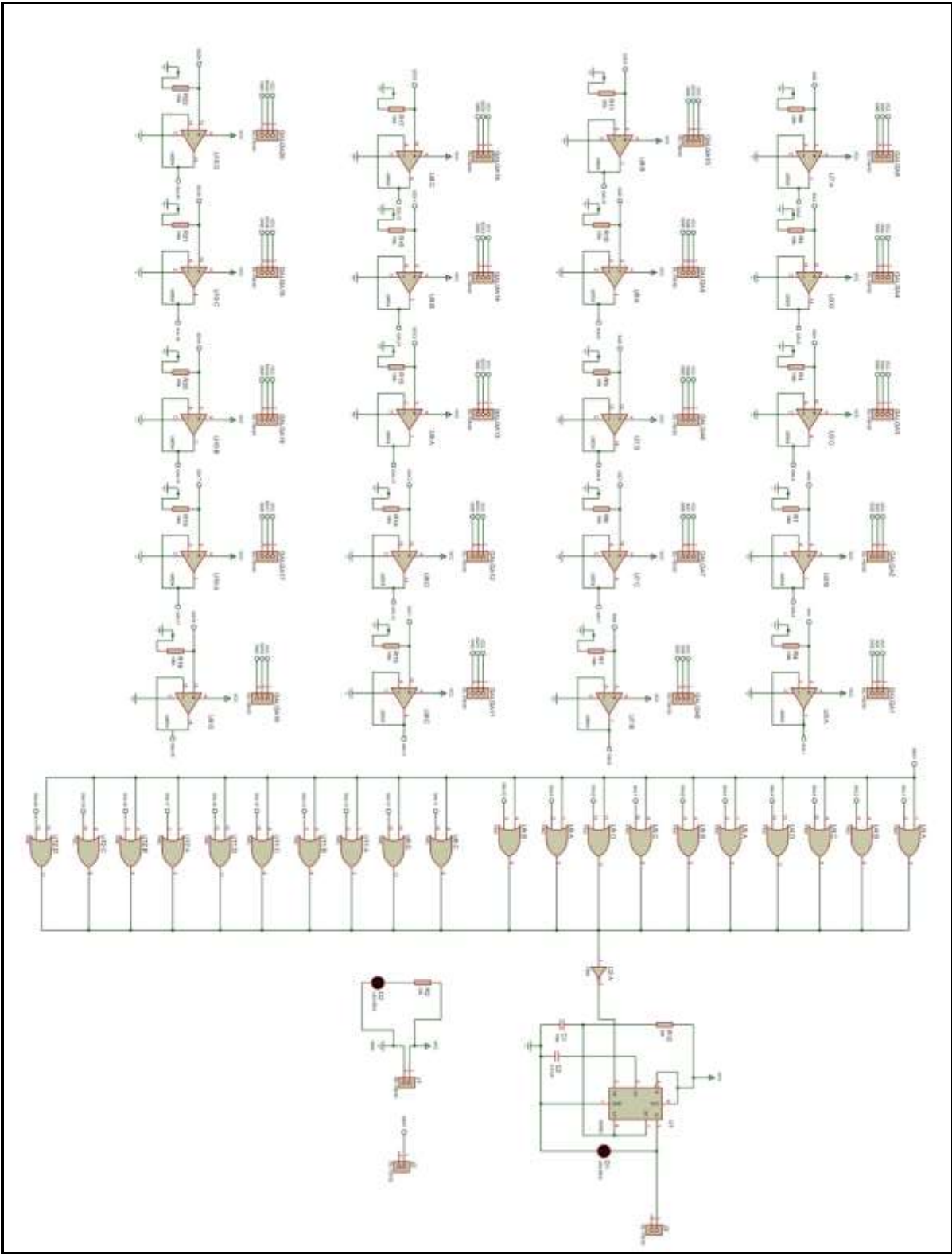


Figura 78: Acondicionamiento de los sensores placa A

Fuente: Autor

Circuito de acondicionamiento de los sensores de la placa B

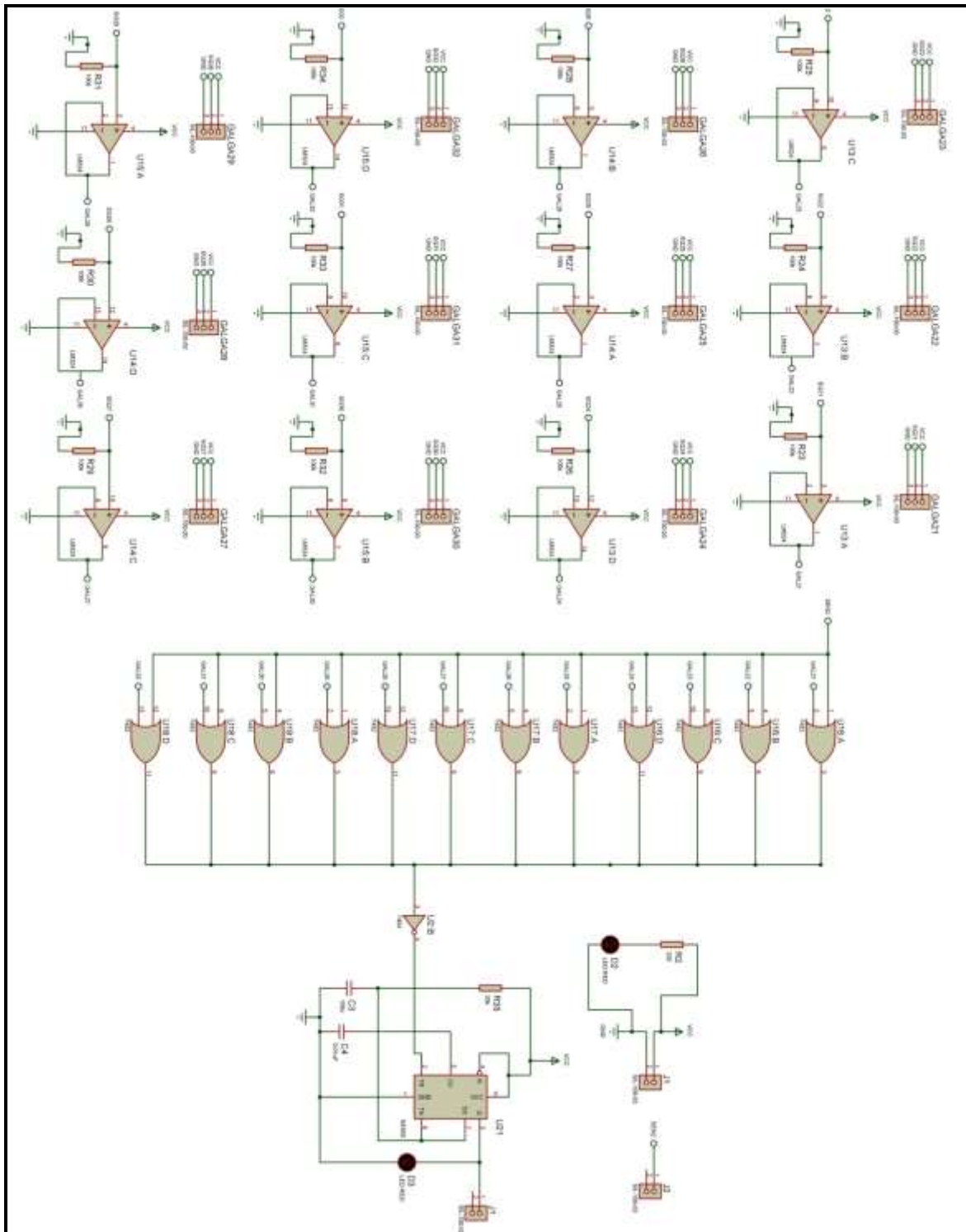


Figura 79: Acondicionamiento de los sensores placa B

Fuente: Autor

Circuito de acondicionamiento de los sensores de la placa C

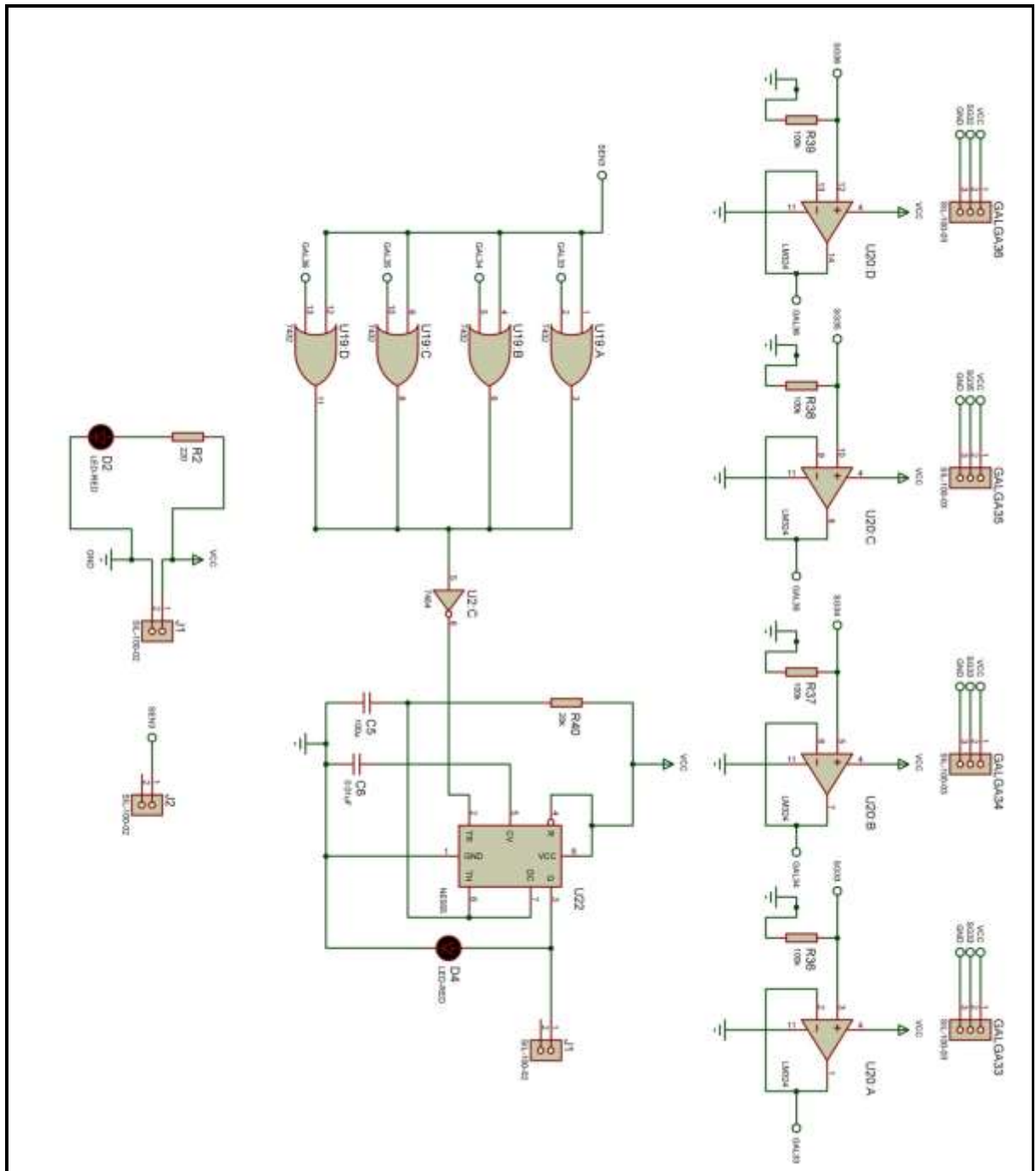


Figura 80: Acondicionamiento de sensores placa C

Fuente: Autor

Circuito de Control de giro y velocidad

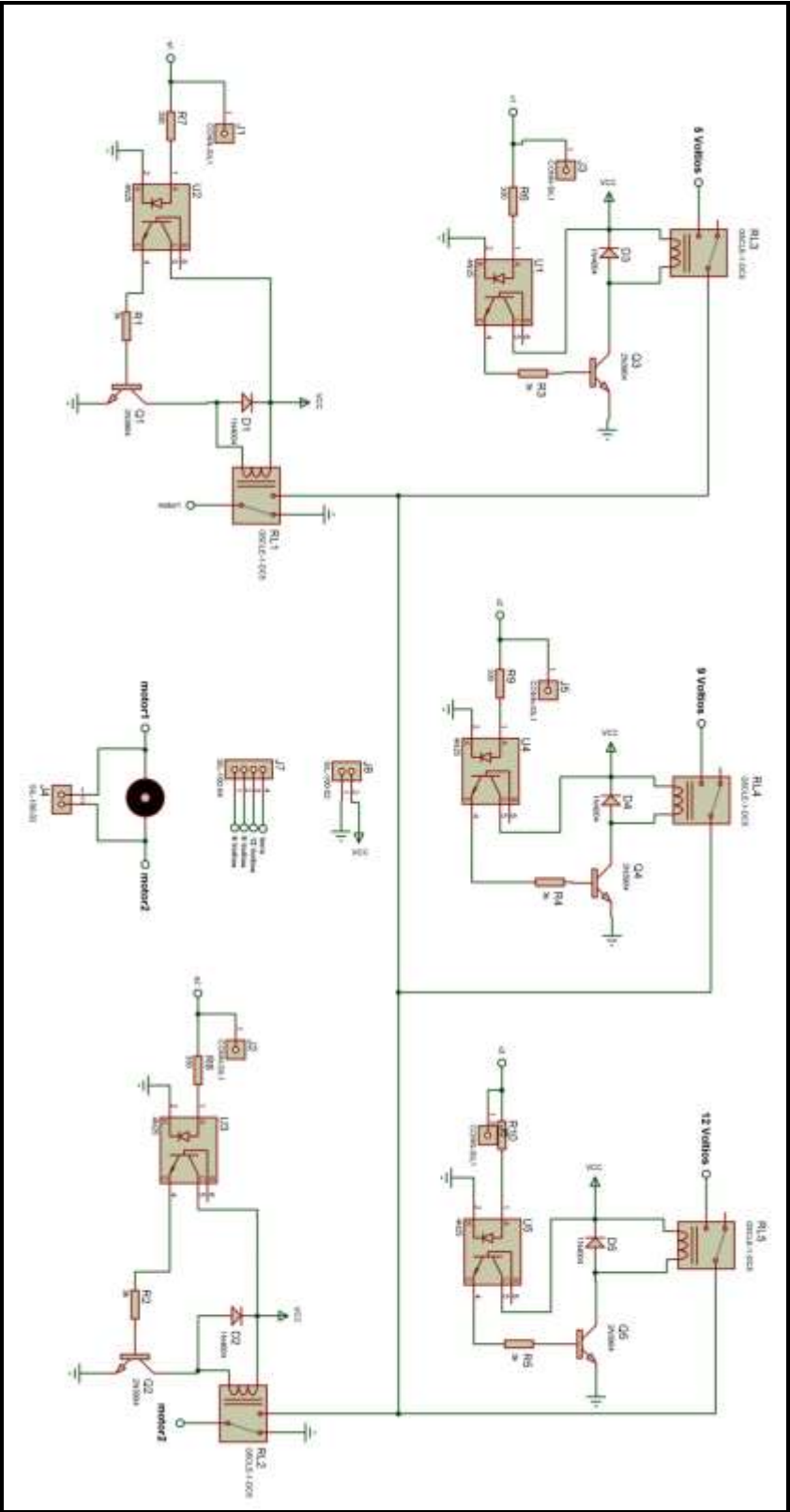


Figura 81: Esquema de diseño de circuito de control de Giro y Velocidad
Fuente: Autor

3.11 ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS DEL SISTEMA MEDIANTE EL SOFTWARE SOLIDWORKS

Análisis por elementos finito usando Solidworks

Cálculo de fuerzas en el cuadro que recibe los impactos

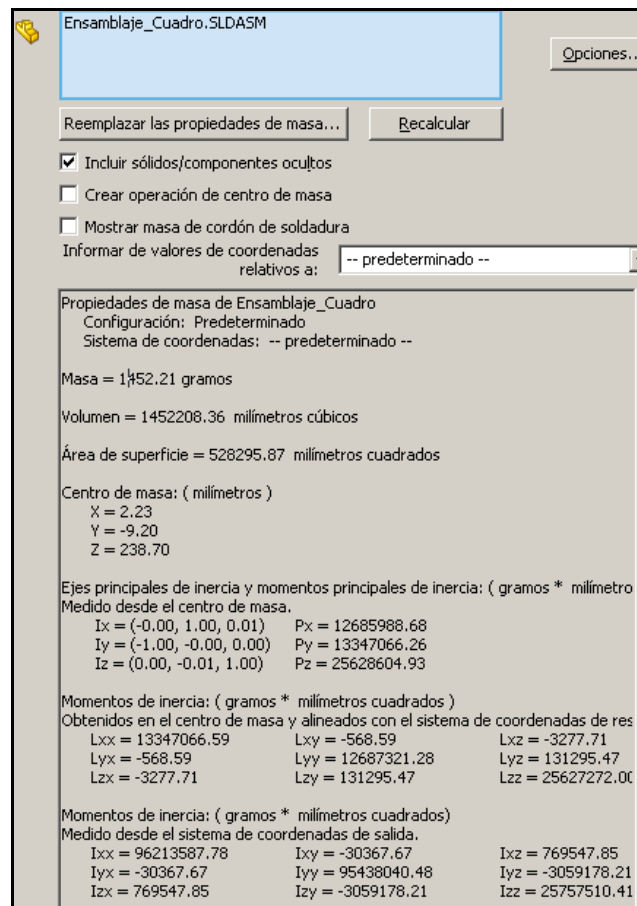


Figura 82: Cálculo de fuerzas en el cuadro que recibe los impactos

Fuente: Autor

De la figura 80, se tiene el dato del peso total de cuadro.

$$W_{masa} = 1,4522 \text{ kgf}$$

Cálculo de la fuerza de impacto:

$$F = k\delta = W + W\left(1 + \frac{2hk}{W}\right)^{1/2}$$

Ecuación 30

Donde:

w : es el peso promedio de una bala de goma la cual se va utilizar para realizar las pruebas.

h : es la distancia de separación entre el prototipo de entrenamiento y la persona que va disparar.

k : es la constante de rigidez del elemento que va recibir el impacto.

δ : es la máxima deformación.

La rigidez del elemento es:

Ecuación 31

$$k = \frac{3EI}{l^3}$$

Donde

E : es el módulo de elasticidad del material.

I : es la inercia del elemento que recibe el impacto.

l : es la longitud desde el centro de gravedad hasta el extremo horizontal

Cálculo del momento de inercia:

El momento de inercia I_x que se escoge es con respecto al eje x, ya como es simétrico se lo puede hacer indistintamente.

$$m = 1452,2 \text{ gramos}$$

$$I_x = 12685988,68 \text{ gramos} * mm^4$$

La inercia geométrica I :

Ecuación 32

$$I = \frac{I_x}{m}$$

Donde:

I_x es el momento de inercia con respecto al eje x

m es la masa

Remplazando:

$$I = \frac{12685988,68 \text{ gramos} * \text{mm}^4}{1452,2 \text{ gramos}}$$

$$I = 8735,7 \text{mm}^4$$

$$I = 8,7357 * 10^{-9} \text{m}^4$$

Como el material que del cual están hechas las placas es tol entonces:

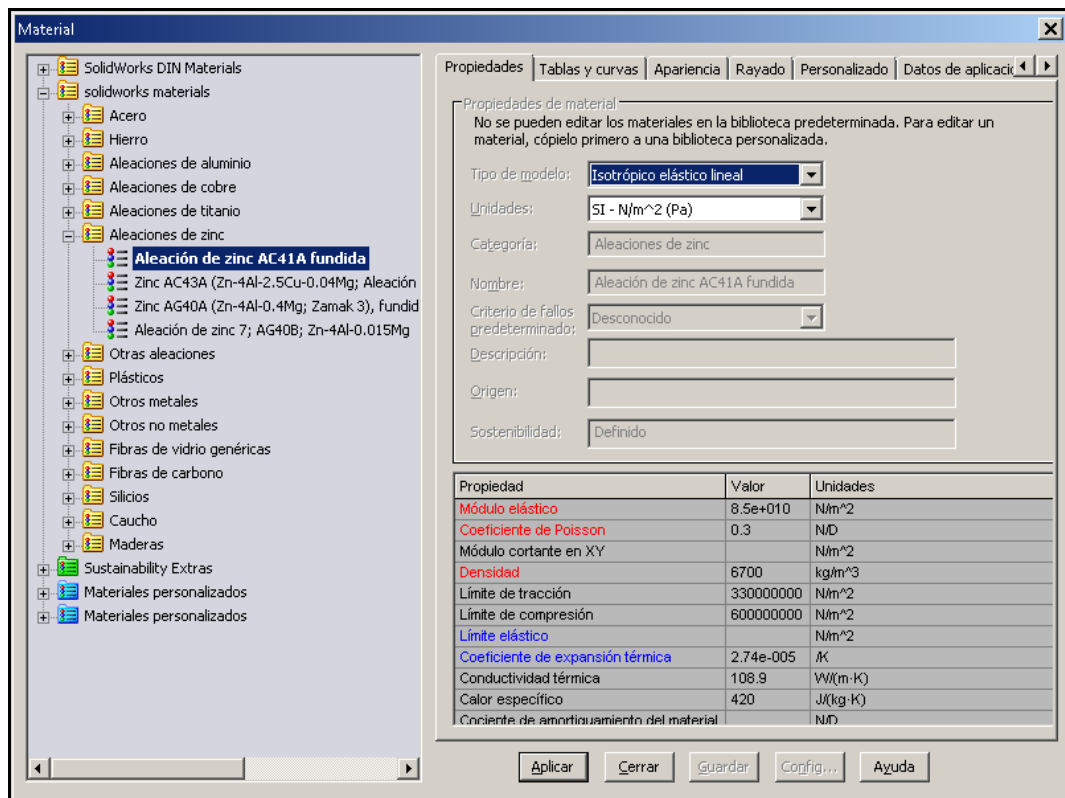


Figura 83: Selección de Material de las Placas

Fuente: Autor

El módulo de elasticidad $E = 8.5 * 10^5 \text{ Pa}$ y su longitud $l = 0,280 \text{ m}$

Por lo tanto el valor de k, remplazando los datos en la ecuación 31, se tiene:

$$k = \frac{3(8.5 * 10^5 \text{ Pa})(8,7357 * 10^{-9} \text{m}^4)}{(0,280 \text{ m})^3}$$

$$k = 1,0148 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

El valor del peso es 90 gramos:

$$W = m * g$$

$$W = (0,090 \text{ kg}) * (9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$

$$W = (0,090 \text{ kg}) * (9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$

$$W = 0,882 \text{ N}$$

$$F = k\delta = W + W(1 + \frac{2hk}{W})^{1/2}$$

Considerando un distancia $h = 10 \text{ m}$, y los valores anteriormente encontrados, sustituimos en la ecuación 30 para poder determinar la fuerza de impacto:

$$F = k\delta = (0,882 \text{ N}) + (0,882 \text{ N})(1 + \frac{2(10\text{m})(1,0148 \frac{\text{N}}{\text{m}})}{0,882 \text{ N}})^{1/2}$$

$$F = 5,2039 \text{ N}$$

Esta fuerza es considerada en el caso si la bala se quedase adherida por el impacto, pero como la bala tiene una energía inicial, se le multiplica por un factor de 10 porque la energía acumulada puede no transmitirse en su totalidad.

Para determinar un valor más exacto sería necesario un ensayo de impacto tipo *Charpy*.

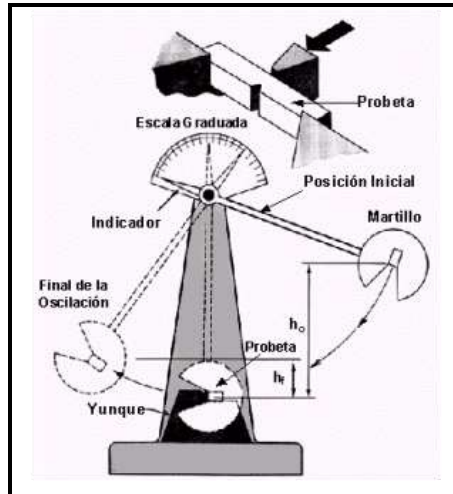


Figura 84: Ensayo Charpy

Fuente: SINGER, Resistencia de Materiales, 1998.

$$F_{Impacto} = 10 * 5,2039 \text{ N}$$

$$F_{Impacto} = 52,039 \text{ N}$$

$$F_{Impacto} = 2,65 \text{ kgf}$$

Cálculo de fuerzas en el carril móvil

Peso del carril fijo

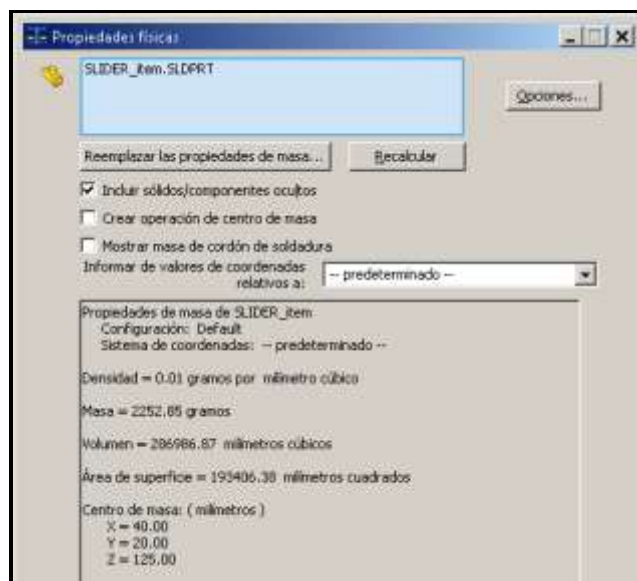


Figura 85: Cálculo de fuerzas en el carril móvil

Fuente: Autor

$$Densidad_{carril_movil} = 0,01 \frac{gramos}{mm^3}$$

$$Volumen_{carril_movil} = 286986,87 \text{ mm}^3$$

$$Masa_{carril_movil} = Densidad_{carril_movil} * Volumen_{carril_movil} \quad \text{Ecuación 33}$$

$$Masa_{carril_movil} = (0,01 \frac{gramos}{mm^3}) * (286986,87 \text{ mm}^3)$$

$$Masa_{carril_movil} = 286,98687 \text{ gramos}$$

$$Peso_{carril_movil} = 0,286 \text{ kgf}$$

Por lo tanto la fuerza gravitacional que se ejerce sobre el carril fijo es:

$$F_{carril_fijo} = Peso_{target} + Peso_{carril_movil} \quad \text{Ecuación 34}$$

$$F_{carril_fijo} = 1,45 \text{ kgf} + 0,286 \text{ kgf}$$

$$F_{carril_fijo} = 1,736 \text{ kgf}$$

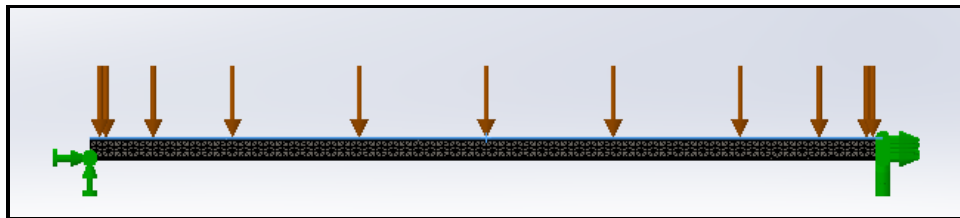


Figura 86: Fuerza gravitacional aplicada al carril fijo

Fuente: Autor

Cálculo de fuerzas en cada perfil bastidor

Carga en cada perfil del bastidor.

Se calcula el peso del carril fijo

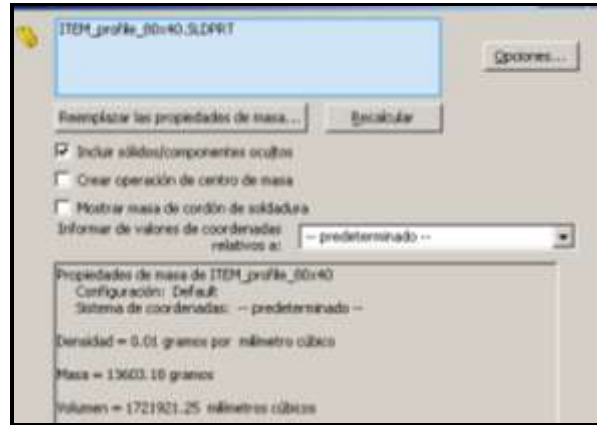


Figura 87: Cálculo de fuerzas en perfil bastidor

Fuente: Autor

$$Densidad_{carril_fijo} = 0,01 \frac{\text{gramos}}{\text{mm}^3}$$

$$Volumen_{carril_fijo} = 1721921,25 \text{mm}^3$$

$$Masa_{carril_fijo} = Densidad_{carril_fijo} * Volumen_{carril_fijo} \quad \text{Ecuación 35}$$

$$Masa_{carril_fijo} = (0,01 \frac{\text{gramos}}{\text{mm}^3}) * (1721921,25 \text{ mm}^3)$$

$$Masa_{carril_fijo} = 17219,2125 \text{ gramos}$$

$$Peso_{carril_fijo} = 17,2 \text{ kgf}$$

Por lo tanto la fuerza gravitacional que se ejerce sobre el carril fijo es

$$F_{bastidor} = Peso_{Target} + Peso_{carril_movil} + 17,2 \text{ kgf} \quad \text{Ecuación 36}$$

$$F_{bastidor} = 1,45 \text{ kgf} + 0,286 \text{ kgf} + 17,2 \text{ kgf}$$

$$F_{carril_fijo} = 18,93 \text{kgf}$$

Por lo tanto la fuerza que va a soportar cada perfil es la cuarta parte de la fuerza total obtenida.

$$F_{bastidor} = \frac{F_{carril_fijo}}{4}$$

$$F_{bastidor} = \frac{18,93 \text{ kgf}}{4}$$

Ecuación 37

$$F_{bastidor} = 4,7 \text{ kgf}$$

$$F_{bastidor} = 10,41 \text{ lbf}$$

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS

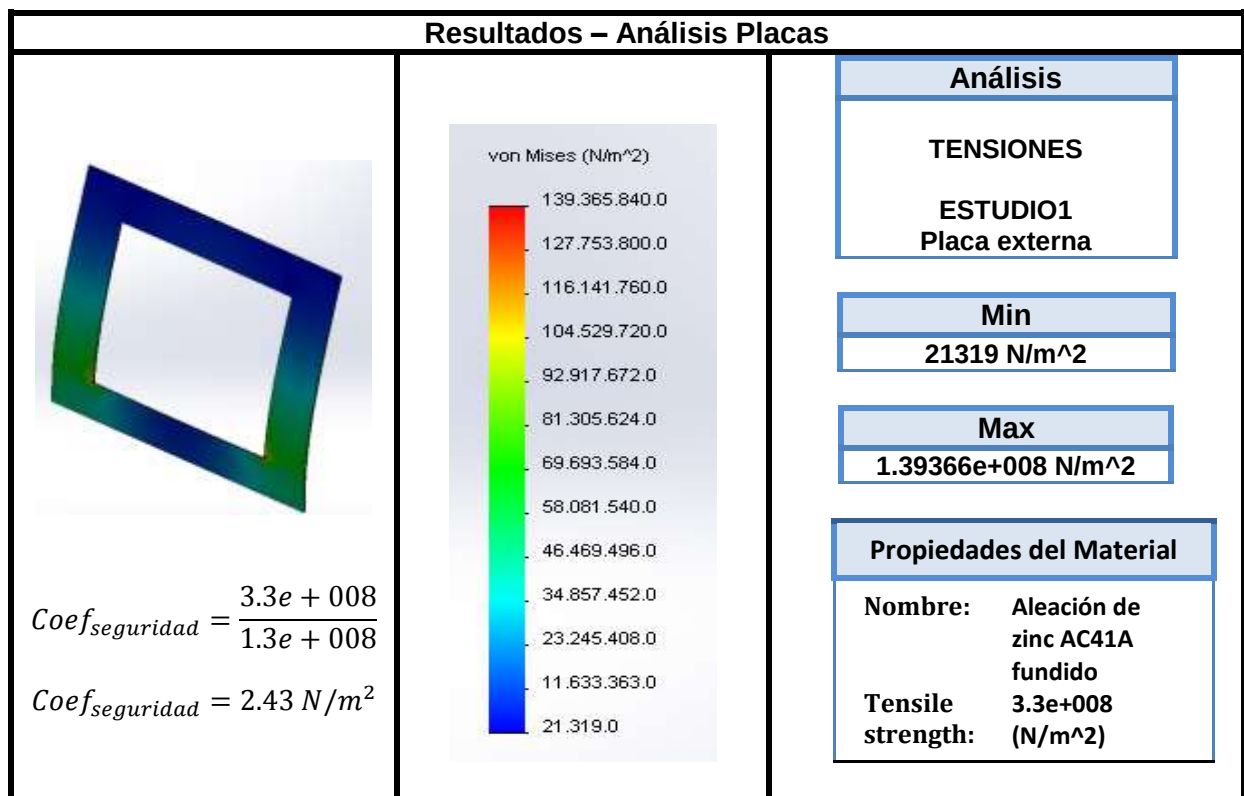


Figura 88: Resultados Obtenidos

Fuente: Autor

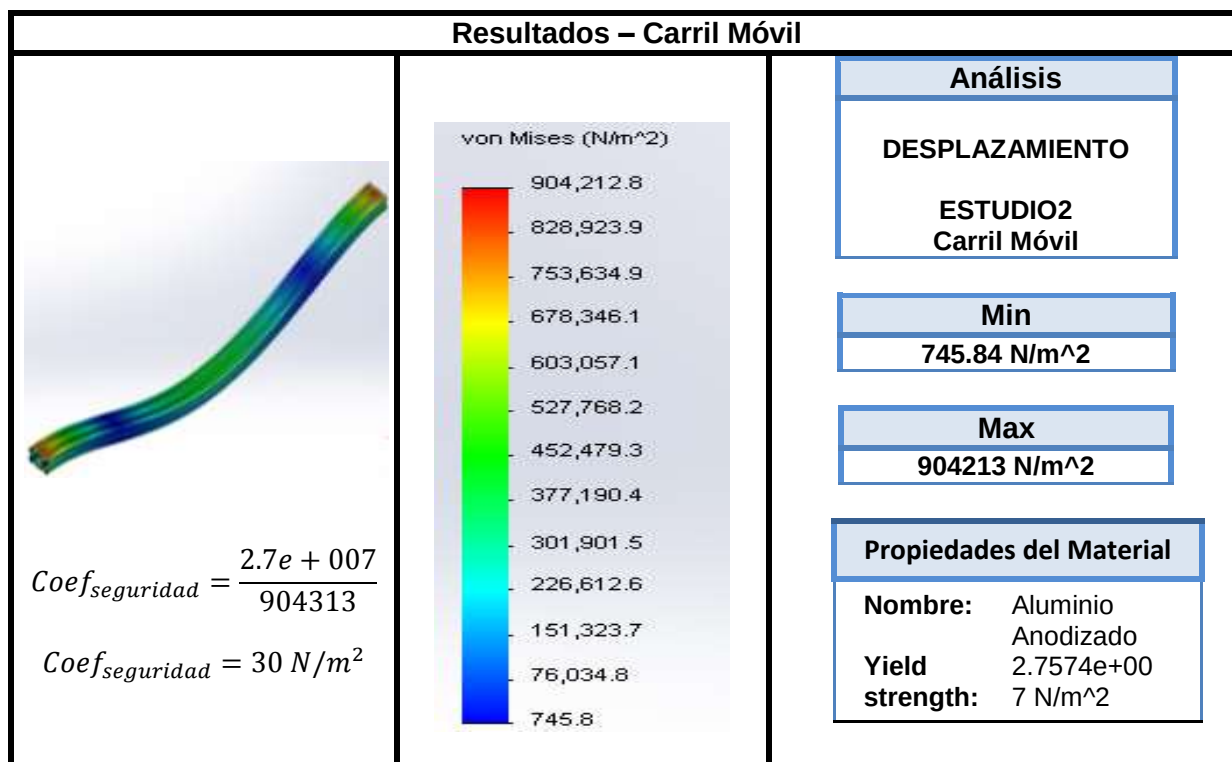


Figura 89: Resultados Obtenidos

Fuente: Autor

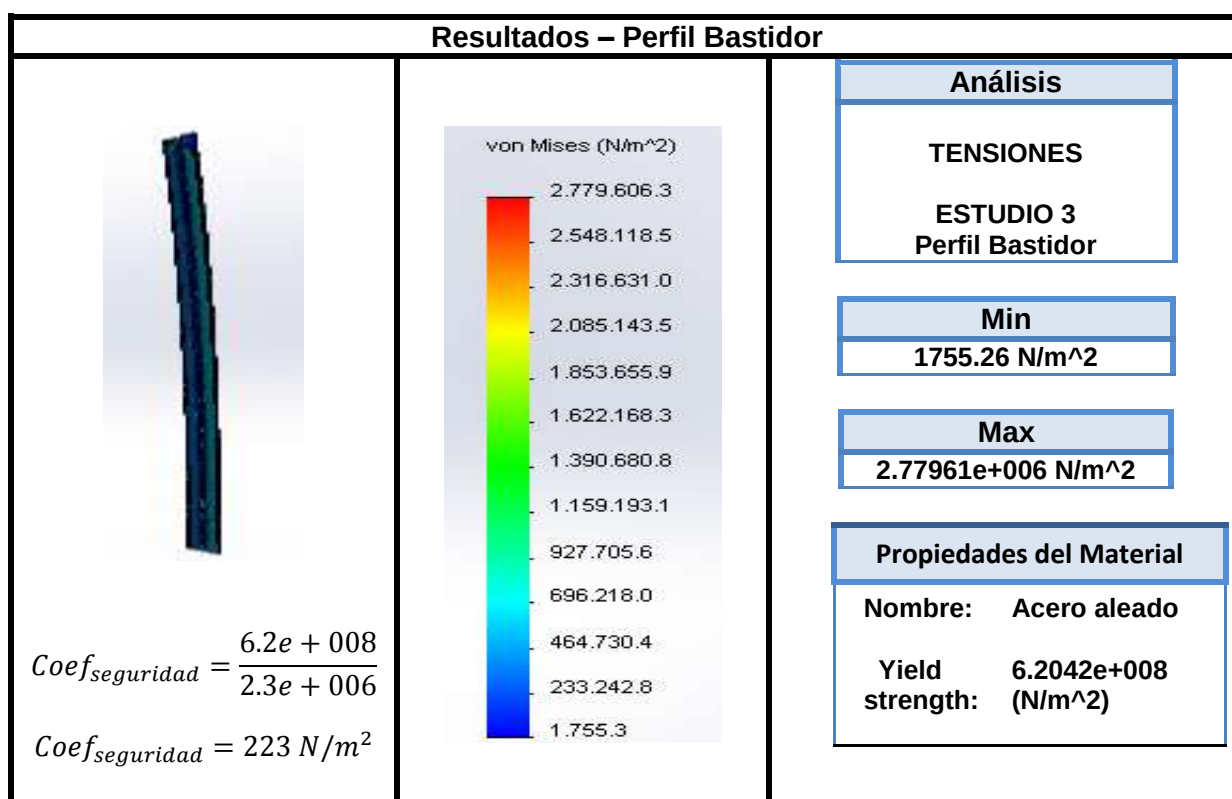


Figura 90: Resultados Obtenidos

Fuente: Autor

3.12 DIAGRAMA DE FLUJO DE CONTROL

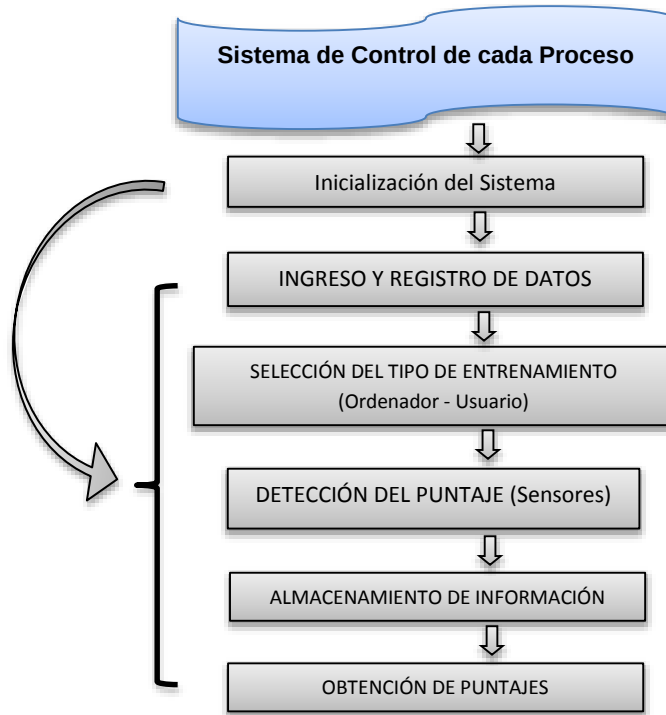


Figura 91: Funcionamiento del Sistema

Fuente: Autor

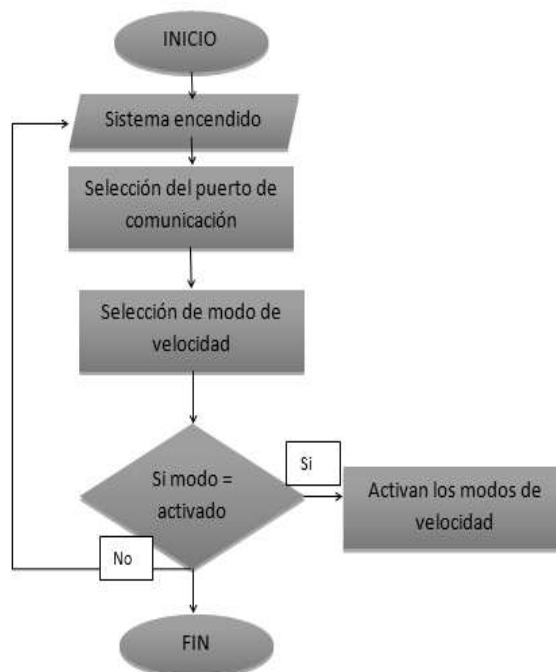


Figura 92: Diagrama de flujo de control principal

Fuente: Autor

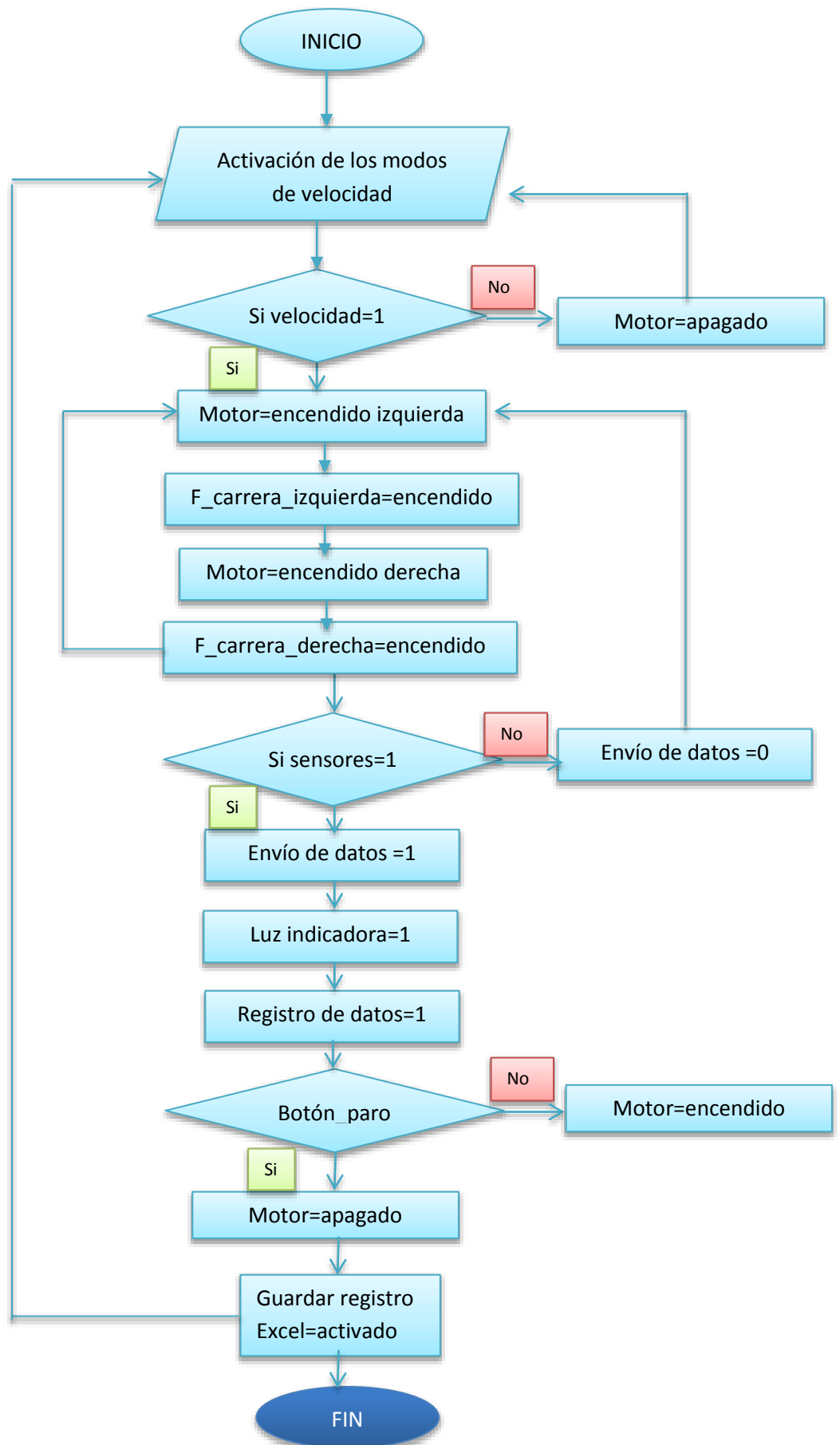


Figura 93: Diagramas de flujos para detección de disparos modo 1

Fuente: El Autor

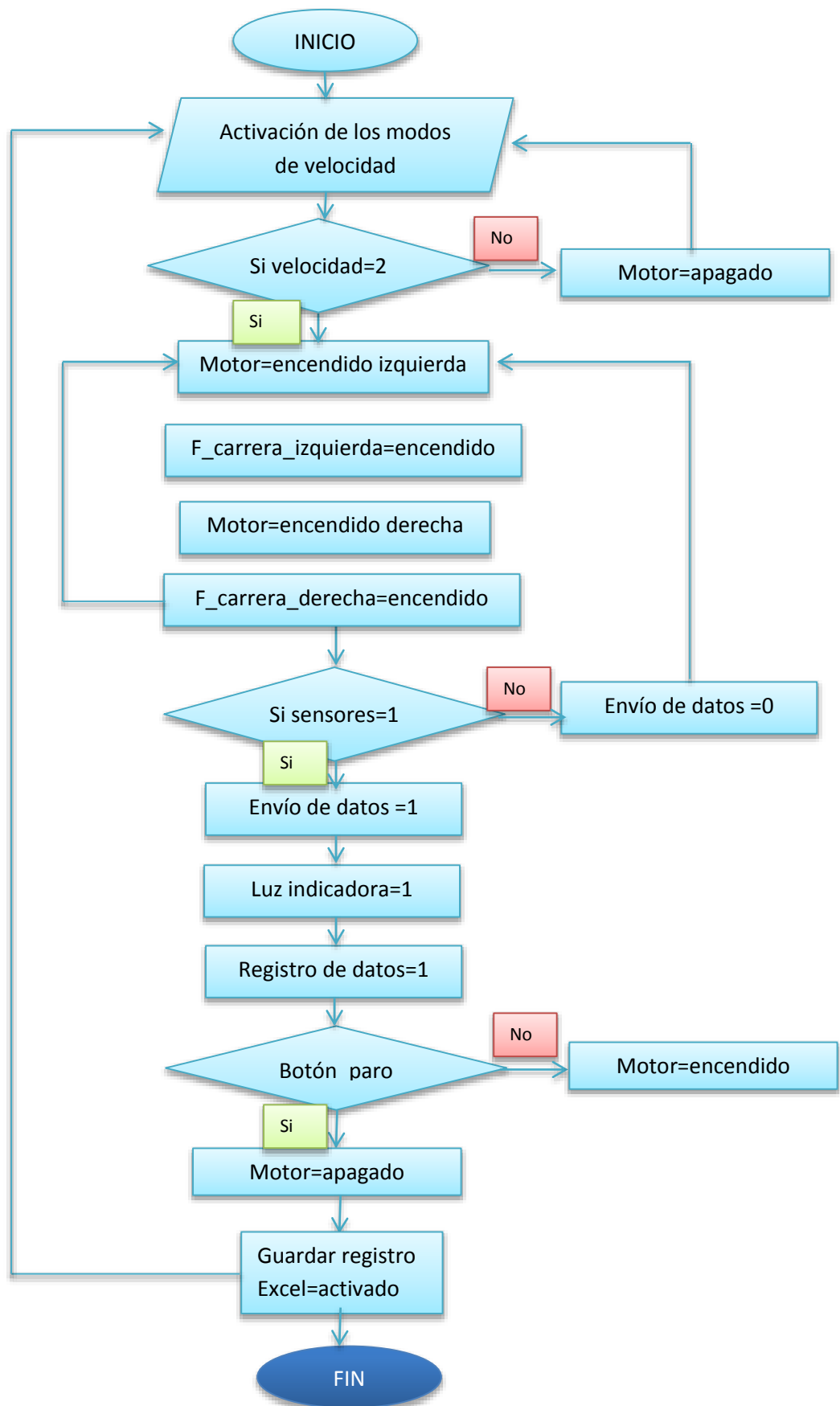


Figura 94: Diagramas de flujos para detección de disparos modo 2

Fuente: El Autor

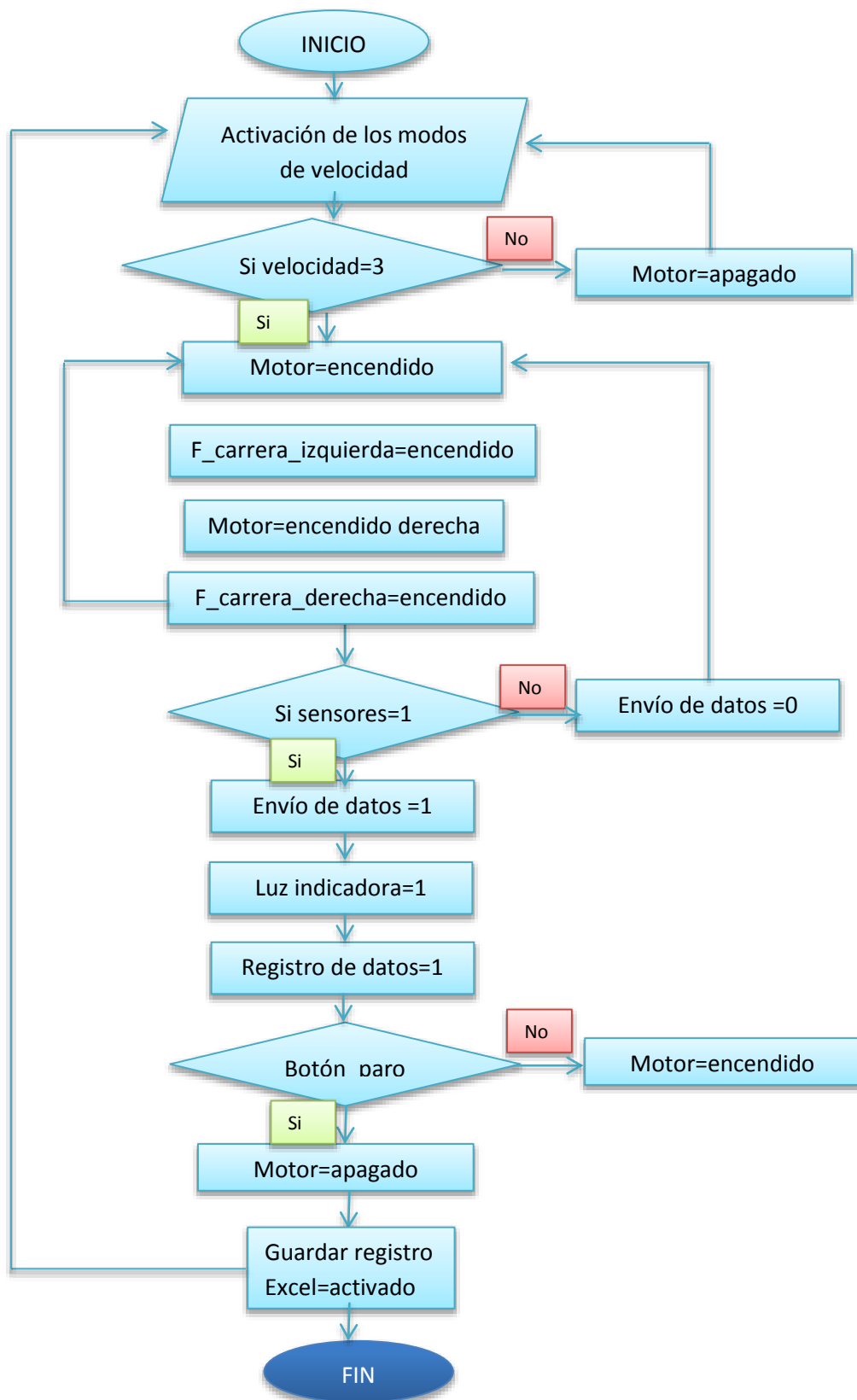


Figura 95: Diagramas de flujos para detección de disparos modo 3

Fuente: El Autor

CAPÍTULO 4

4.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

El sistema diseñado y construido tiene las siguientes especificaciones:

- Dimensiones: 1.3 x 1.5 m
- Tres velocidades de prueba que pueden ser seleccionadas por el usuario.
- Velocidad máxima 50 cm/s.
- Tres placas para detección de puntajes empleando sensores FRS.
- Potencia de consumo máxima de 35 W.
- Fuentes independientes para la parte de potencia y control con protecciones.
- Facilidad de transporte y estabilización.

4.2 CARGAS MÍNIMAS Y MÁXIMAS

En la siguiente tabla se describen las diferentes características obtenidas del diseño con los diferentes modos de funcionamiento del sistema.

Características	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Voltaje	5 V	9 V	12 V
Carga Mínima	3,54 Nm	6,375	8,5 Nm
Carga Máxima	12,91 Nm	23,25 Nm	31 Nm
Velocidad Mínima	10,41 rpm	18,75 rpm	25 rpm
Velocidad Máxima	17,92 rpm	32,25 rpm	43 rpm

Tabla 21: Características del sistema

Fuente: El autor

Las cargas mínima y máxima corresponden al actuador del sistema, en este caso al motor por eso se mide en unidades de torque (N.m).

La potencia de un motor DC es proporcional al voltaje aplicado. Como se puede observar en la tabla 21, a más voltaje, más torque y más velocidad angular.

Las velocidades mínima y máxima obtenidas experimentalmente dependen del sentido de movimiento, hacia la derecha o izquierda, pues existen varios factores.

Uno de los más importantes es que al no ser las dos catalinas del mismo número de dientes se requiere más torque para traer el cuadro (target) desde el lado izquierdo hacia el motor, en cambio llevar la carga (target) desde el lado del motor hacia el otro extremo resulta usar menos torque y menos velocidad.

Existen otros factores como la fricción, por esa razón se colocó aceite sintético sobre las guías para ayudar al sistema.

Se hicieron 30 pruebas y se obtuvo un promedio durante el arranque del motor (max 2 segundos). Para la prueba se usó un dinamómetro y un cronometro y dado que se conoce el radio primitivo de la catalina (constante), es sencillo obtener estos valores.

4.3 ANÁLISIS DE COSTOS

El presente proyecto constituye una aplicación de desarrollo tecnológico que no persigue ningún tipo de beneficio económico y no es necesario calcular valores financieros tales como Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actual Neto (VAN), Punto de Equilibrio (PE), entre otros. Por tanto a continuación se muestran los costos directos e indirectos relacionados al proyecto.

Para determinar los costos directos se considera el costo de la materia prima, elementos adquiridos, costo de maquinado.

COSTOS DIRECTOS

Costos de Materia Prima			
Cantidad	Articulo	Precio Unitario (\$)	Valor total (\$)
1	Eje de duralón	3.8	3.8
1	Plancha de Tol Galvanizado [2mm]	55	55
1	Perfil 8 80x40	139	139
4	Riel Angular	12	48
1	Cartón Prensado	5	5
2	tapas de perfil 8 80x40	4.59	9.18
1	Cadena porta Cables	85	85
1	Soporte de Montaje	18	18
1	Piso-Bus rojo 1m	10	10
1	Manzana de Hierro	3	3
1	Cadena de bicicleta	20	20
2	Catalina de bicicleta	10	20
1	Motor DC	77	77
5	Resorte $\frac{3}{4}$	2	10
1	Tubo 1/2x0,9mm	2.5	2.5
1	Tubo 5/8x0,9mm	3.3	3.3
1	Canaleta	4	4
4	Brocas	1	4
		Total	516.78

Tabla 22: Costos de Materia Prima

Fuente: El autor

Costos de Elementos Seleccionados			
Cantidad	Articulo	Precio Unitario (\$)	Valor total (\$)
6	PIC16F877A	6.1	36.6
1	ZOCALO 18P	0.18	0.18
4	CAP CER 22P	0.07	0.28
2	CRISTAL 4MHz	0.51	1.02
4	REGLETAS	0.6	2.4
1	PULS 5MM	0.16	0.16
5	LED 5MM	0.07	0.35
40	RES 1/4W	0.01	0.4
1	CAP CER 100N	0.07	0.07
1	ZOCALO 40P	0.4	0.4
2	2N2222	0.12	0.24
1	CAP CER 100Nf	0.07	0.07
2	TIP 127	0.65	1.3
2	TIP122	0.65	1.3
4	1N5408	0.16	0.64
9	PAP TERMOTRANS + IMP	2	18
2	ESTAÑO	0.45	0.9
13	74LS32	0.49	6.37
3	74LS04	0.49	1.47
3	NE555	0.35	1.05
3	CAP CER 100uF	0.16	0.48
3	LED ALTO BRILLO	0.17	0.51
4	FUNDA ACIDO	0.35	1.4
2	FIBRA 10X20	1.5	3
1	FIBRA 10X10	2.75	2.75
1	ZOC 14P	0.08	0.08
1	FIBRA 20X30	6.3	6.3
30	ALAMBRE TIMBRE	0.35	10.5
1	PASTA BURLEY	3.41	3.41
1	FUENTE DE PODER 9V- 4.5A	27	27
1	FUENTE DE PODER COMPUTADORA	30	30
30	LM324	0.4	12
30	ZOCALOS 6	0.05	1.5
5	RELE 5V-5P	0.6	3
5	2N2904	0.1	0.5
5	4N25	0.44	2.2
4	POSTE 0,5"	0.45	1.8
30	RESISTENCIA	0.02	0.6
6	1N4005	0.08	0.48
5	4004	0.01	0.05
5	3904	0.01	0.05
1	4N35	0.6	0.6
1	CAJA PORTAPLACAS	60	60
1	PROGRAMADOR DE PIC	25	25
40	SENSOR FLEXI FORCE	6	240
2	MICRO SWITCH	4.87	9.74
	TOTAL		516.15

Tabla 23: Costos de Elementos Seleccionados
Fuente: El autor

Se considera el costo del uso de la maquinaria en el taller:

Costos de Maquinado			
Actividad	Costo [\$ /h]	Tiempo [h]	Costo Total (\$)
Tornero	20	14	280

Tabla 24: Costos de Maquinado

Fuente: El autor

Costo Total Directo

TIPO	COSTO [USD]
Materia Prima	516.78
Elementos Seleccionados	516.15
Maquinado	280
TOTAL	1312.93

Tabla 25: Costos Total Directo

Fuente: El autor

COSTOS INDIRECTOS

Para determinar los costos indirectos se toma en cuenta el costo de materiales consumibles, costos de imprevistos y costos de ingeniería.

Costos Materiales Consumibles			
Cantidad	Articulo	Precio Unitario	Valor total
1	Pistola Umarex CO2	100	100
1	Cinta Fluorescente	6	6
1	Velcro Industrial	42	42
1	Cinta Ducto Plastificada	4	4
1	Impresiones placas	3	3
1	Sikabond Metal	12	12
1	Regleta	10	10
1	Corte y/o doblado	1.2	1.2
5	Rodajas de 3/4 in	0.2	1
1	Pega epoxica alta resistencia	6.51	6.51
40	Tornillos m5 / tuercas	0.3	12
		Total	197.71

Tabla 26: Costos Materiales Consumibles

Fuente: El autor

Costos de Ingeniería

Es el tiempo empleado en el diseño, selección y montaje de los componentes del proyecto, aproximadamente el precio por hora es alrededor de 20 USD y un tiempo aproximado de trabajo de 100 horas, se tiene un costo de 2000 USD.

Costos de imprevistos

Los costos de imprevistos corresponden a movilización, transporte de material, impresiones y papelería en general. Un valor aproximado de 100 USD.

Costos total Indirectos

TIPO	COSTO [USD]
Materiales Consumibles	197.71
Ingeniería	2000
Imprevistos	100
TOTAL	2297.71

Tabla 27: Costos Total Indirectos

Fuente: El autor

COSTO TOTAL DEL PROYECTO

COSTOS	COSTO \$
DIRECTOS	1312.93
INDIRECTOS	2297.71
TOTAL	3610.64

Tabla 28: Costos Total del Proyecto

Fuente: El autor

4.4 DISEÑO EN SOLIDWORK EN EL PROTOTIPO

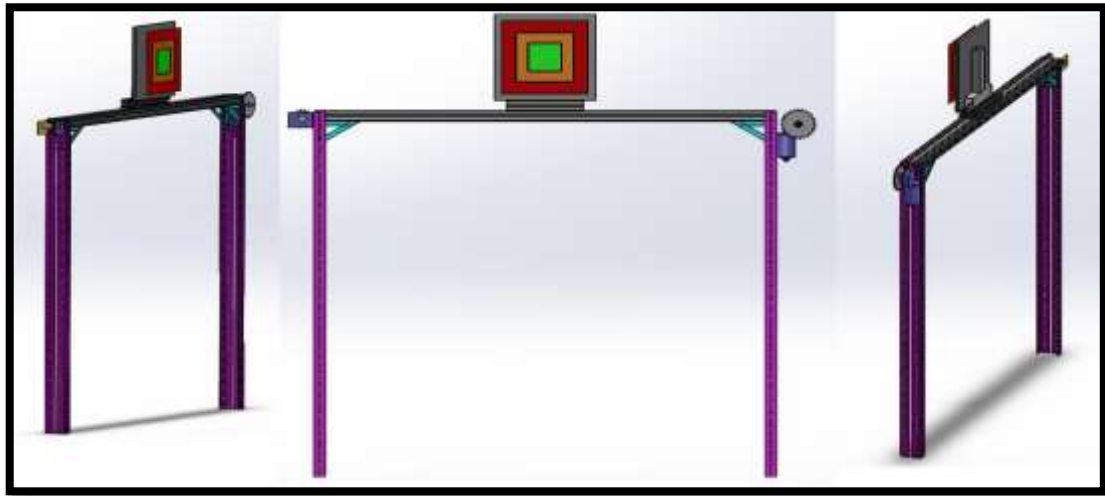


Figura 96: Conjunto - Prototipo

Fuente: El Autor

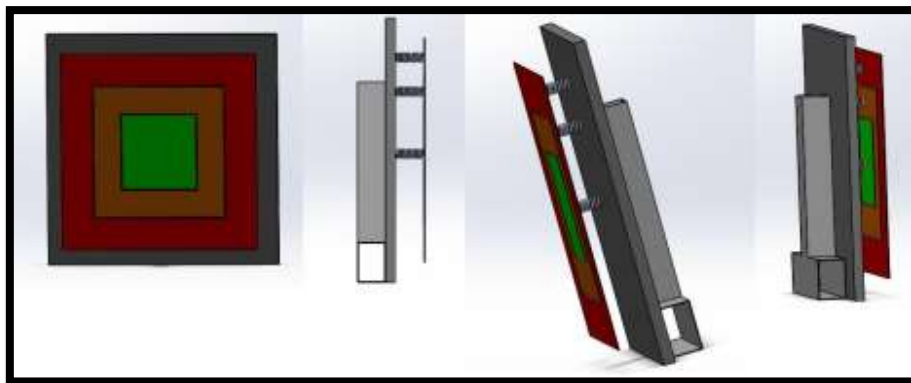


Figura 97: Subconjunto – Target

Fuente: El Autor

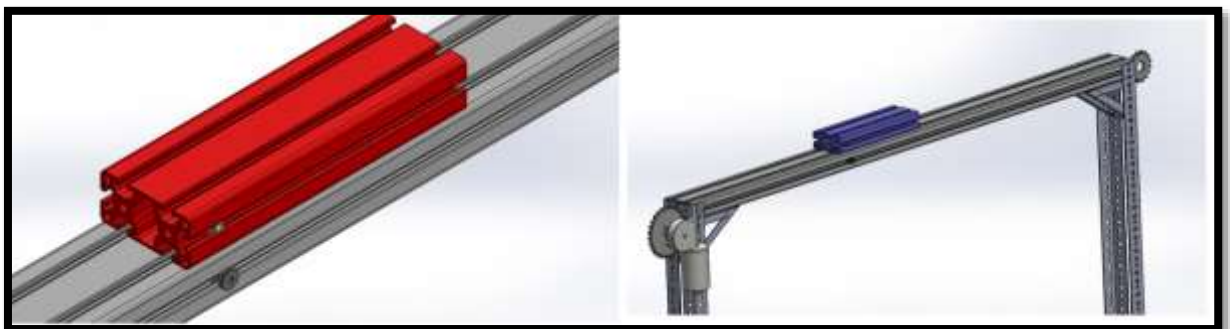


Figura 98: Subconjunto – Carril Móvil y Fijo

Fuente: El Autor

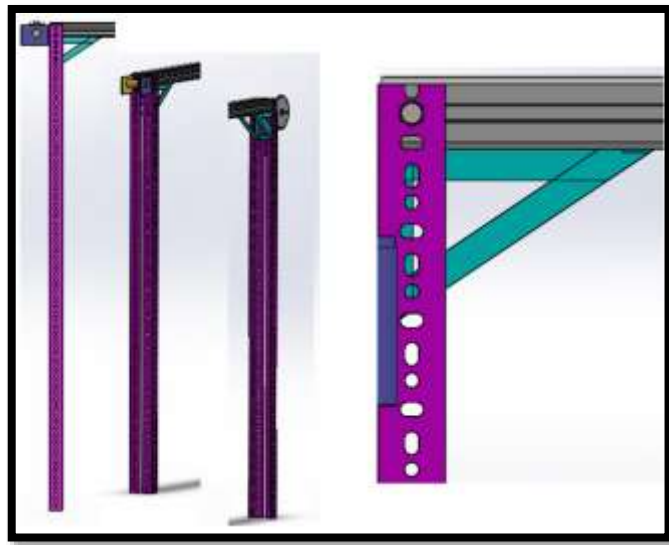


Figura 99: Subconjunto – Bastidor y Soporte Nervio

Fuente: El Autor

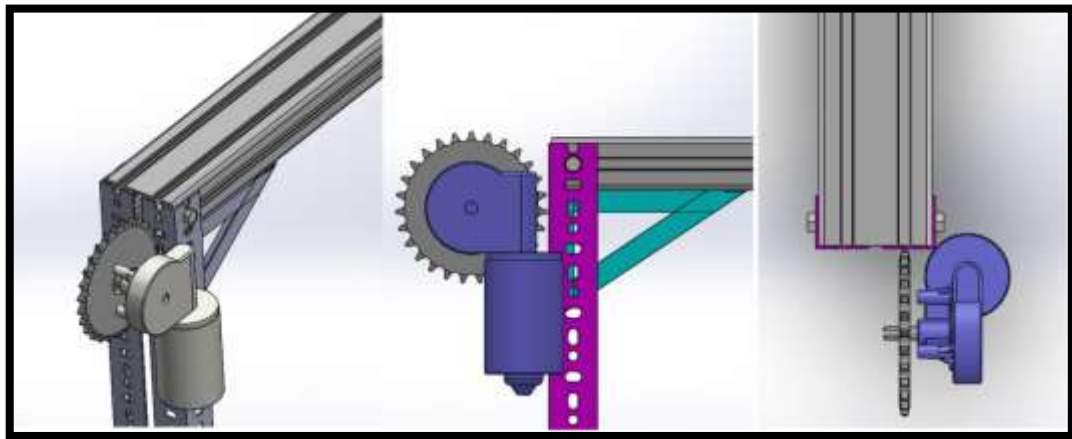


Figura 100: Subconjunto – Motor y Catalina

Fuente: El Autor

CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un sistema Mecatrónico para detección de puntajes automatizado, mismo que servirá como apoyo en prácticas de entrenamiento de tiro al blanco.
- El uso de sensores de fuerza tipo *flexiforce* permitió la detección de los impactos sobre las placas del objetivo. Sin embargo también fueron causa de limitaciones para el diseño final, pues al ser de forma cuadrada el tiro al blanco no pudo construirse en su clásica forma redonda, así se necesitó una forma de anillo rectangular y con tres niveles de puntaje. Otra limitación fue el tiempo de respuesta de los sensores, mismos que junto a su acondicionamiento más la etapa de comunicación hacen que se reciba un dato en al menos 1 segundo, esto hace que el equipo diseñado sólo pueda recibir impactos con este intervalo de tiempo.
- Se implementó un sistema de movimiento horizontal en el cual se pudo obtener las tres velocidades requeridas y sin sobrepasar la velocidad máxima. Se tuvo que optar por un sistema de tres relés con sus respectivas fuentes de 5, 9 y 12 voltios, pues inicialmente se planteó el uso de PWM (modulación de ancho de pulso) para controlar las velocidades pero el torque de arranque resultaba ser insuficiente.
- La interfaz humano-máquina (HMI) planteada en Labview permitió el desarrollo de una interfaz de fácil entendimiento para el usuario, misma que permitirá mejoras posteriores en cuanto a la adquisición y presentación de los datos.
- Se logró almacenar los datos obtenidos, los cuales servirán para tener un registro de la persona la cual se encuentre realizando la práctica de tiro.

- El Análisis, la selección de alternativas y el cálculo de fuerzas en el blanco o diana, fue de gran utilidad por lo que se pudo realizar un diseño adecuado y técnicamente fundamentado, logrando así un alto rendimiento del proyecto.
- La prueba inicial del self-test no se pudo llevar a cabo de manera automática pues la alta velocidad de choque del carro con los finales de carrera puede ocasionar que el sistema se frene en sus extremos ocasionando que una vez reiniciado el sistema los finales de carrera puedan romperse. Por tanto el sistema de posicionamiento inicial se lo realizara manualmente (ver manual de usuario) para garantizar siempre una posición intermedia y prestando la seguridad correspondiente.
- No se puede determinar a ciencia cierta la cantidad de impacto que este prototipo puede recibir, pues se requiere de un ensayo tipo “Charpy” para calcular la energía almacenada en cada impacto.
- El rendimiento del equipo cuando se aplican impactos con al menos un segundo de intervalo es de un 100%. Para impactos con intervalos en menor tiempo o impactos en paralelo el sistema presenta bajo rendimiento de operación pues los sensores son de lenta respuesta y el sistema de comunicación serial con microcontrolador PIC también se retrasa significativamente.
- Debido a la complejidad del problema, se plantearon diversas alternativas de solución, desde la comunicación entre dos pics, siendo uno Maestro y el otro pic Esclavo, pero la velocidad de transmisión era más lenta y además la corriente que circula por el sistema debido al alto torque es demasiado grande, por tal motivo se buscó otra alternativa y se llegó a la conclusión que un puente H utilizando relés, lo cual era la mejor opción, debido a que este tipo de circuitos soportan más corriente.

RECOMENDACIONES

- Para futuras aplicaciones se recomienda cambiar el sensor de detección de impacto por uno del tipo tela metálica para poder dar la forma circular clásica en los polígonos de tiro.
- Para mejorar el sistema de impacto en intervalos más cortos de tiempo, inclusive en paralelo resulta conveniente colocar un microcontrolador por cada sector de puntaje, inclusive se puede optar por tener microcontroladores de respaldo (backup) para mejorar la adquisición de señales.
- Es necesario modernizar los sistemas y abaratar los costos de fabricación; y para ello se puede recurrir al uso de plataformas más amigables con el usuario, baratas y de plataforma abierta como Arduino, en donde todos los sistemas son de implementación rápida y de alta confiabilidad. Con estos sistemas se podría obviar hasta la interfaz de Labview.
- Se sugiere implementar el sistema HMI en una plataforma que no tenga costo de licencia sin desmejorar el desempeño del equipo.
- Cuando se desmonte todo el sistema, ya sea por motivos de mantenimiento o reparación, verificar el grado de presión que tienen los tornillos ya que un mal ajuste de los mismos puede provocar que el prototipo falle y por ende que no recorra a la velocidad a la que está diseñado.
- Al momento de realizar las prácticas de tiro, se recomienda poner detrás del prototipo un soporte horizontal para que al momento del impacto de proyectil no desestabilice al prototipo.
- Este prototipo puede ser aplicado además de centros de entrenamiento en lugares de entretenimiento, obviándose las balas reales por un sistema virtual, mismo que queda planteado para futuras aplicaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Microcontroladores PIC programación en básica, Segunda Edición, Carlos A. Reyes.
- [2] Carles Riba Romeva, Diseño Concurrente (Barcelona, Ediciones UPC)
- [3]Catalogo - Sistema de construccion modular ITEM
- [4]Catalogo General de Cadenas, JORESA
- [5]Resistencia de Materiales - Pytel - Singer - 4º Edición
- [6]Diseños de elementos de máquina Robert L. Mott
- [7]Fuente: Diseño Electrónico – Savant, Roden y Carpenter
- [8]Introducción al Análisis de Circuitos, Décima Edición – Robert L. Boylestad (PEARSON)
- [9]BUDYNAS Richard. DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY. Mc Graw Hill. Octava edición. México, 2008.
- [10] Cadenas de Transmicion, Ing. A.R.ODETTO
http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/3_anio/mecanica_electrica/CADENAS_DE_TRANSMISION.pdf
- [11]Especificaciones Motor Bosch CEP 9 390 453 023
http://www.casaferreira.com.br/bosch/pdf_bosch/CEP453023.pdf
- [12]Fuentes de alimentación ATX. Funcionamiento y reparación.
<http://www.ele-mariamoliner.dyndns.org/~rjurado/mantenimiento/documentos/fuentes-AQTX-1.1.pdf>
- [13]Datasheet PIC16F87XA
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582C.pdf>
- [14]Datasheet Fototransistor ECG3040
<http://www.datasheetarchive.com/ECG3040-datasheet.htm>
- [15]Datasheet Transistor 2N3904
www.datasheets360.com/2N3904
- [16]CP2102 USB-USART Bridge

<http://www.extremeelectronics.co.in/datasheets/cp2102.pdf>

[17]Catalogo FSR (Force Sensing Resistor) guía de integración y evaluación de piezas, <http://www.imagesco.com/sensors/fsr/fsrguide.pdf>

[18]Antonio Pulido, APRENDAMOS TECNOLOGÍA, Apuntes sobre mecanismos de transmisión,

<http://aprendemostecnologia.org/2008/03/30/apuntes-sobre-mecanismos-de-transmision/>

[19]MecanESO, Mecanismos de movimiento,

<http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/index.htm>

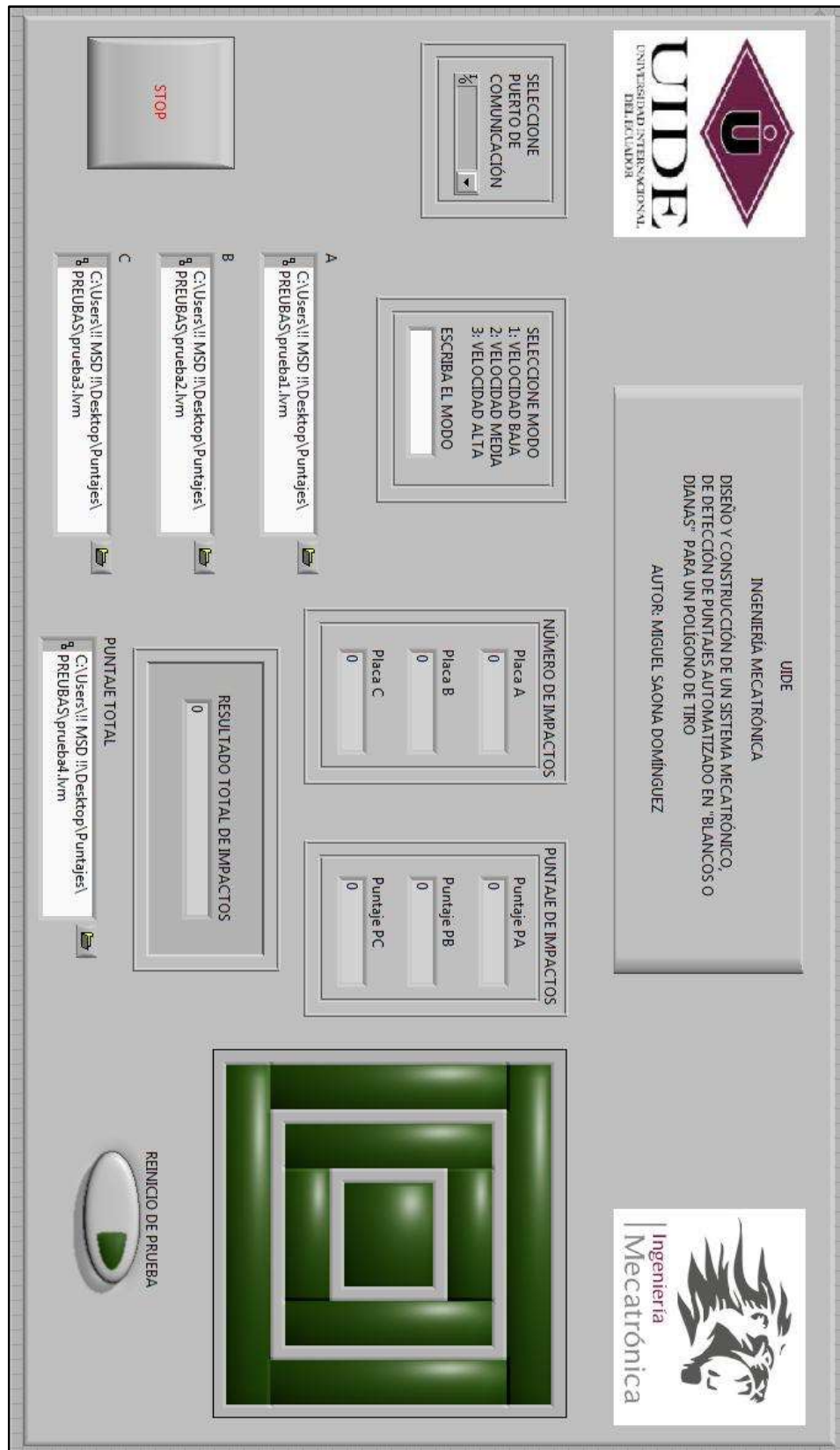
ANEXOS

ANEXO 1 - TESIS

ANEXO 2 – PLANOS

ANEXO 3 – MANUAL DE USUARIO

ANEXO 4 – INTERFAZ GRÁFICA

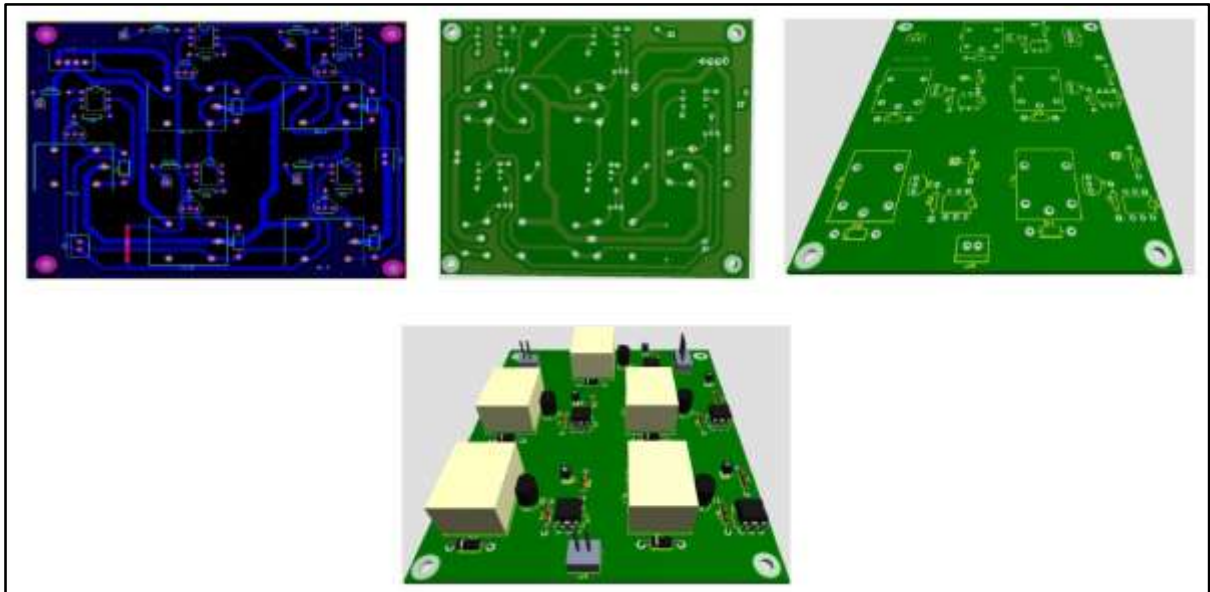


ANEXO 5 – PROGRAMA EN LABVIEW

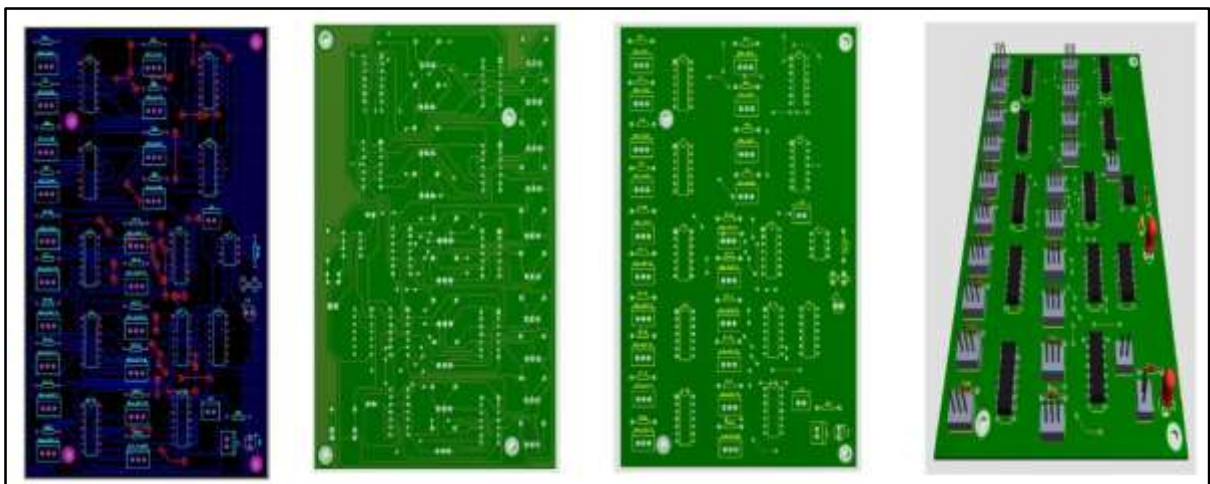


ANEXO 7 – RUTEADO ELECTRÓNICO Y SUS MODELOS 3D

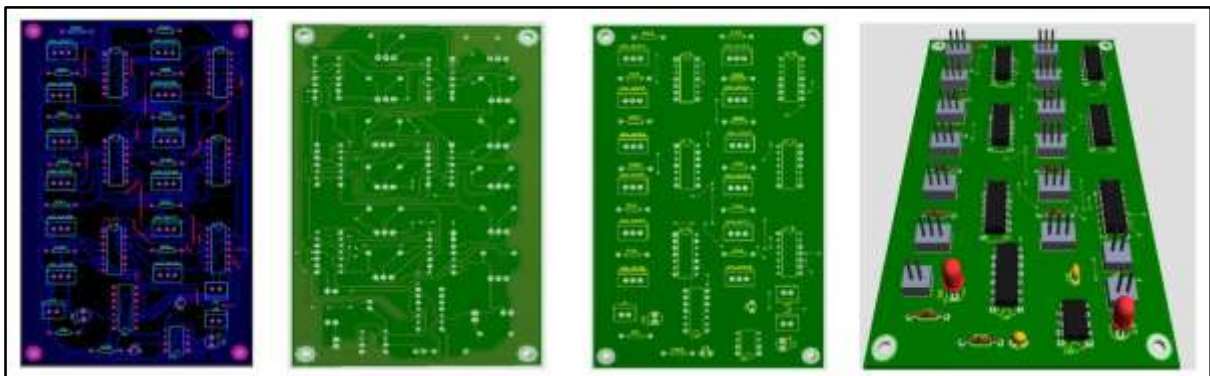
TARJETA CONTROL DE GIRO Y VELOCIDAD



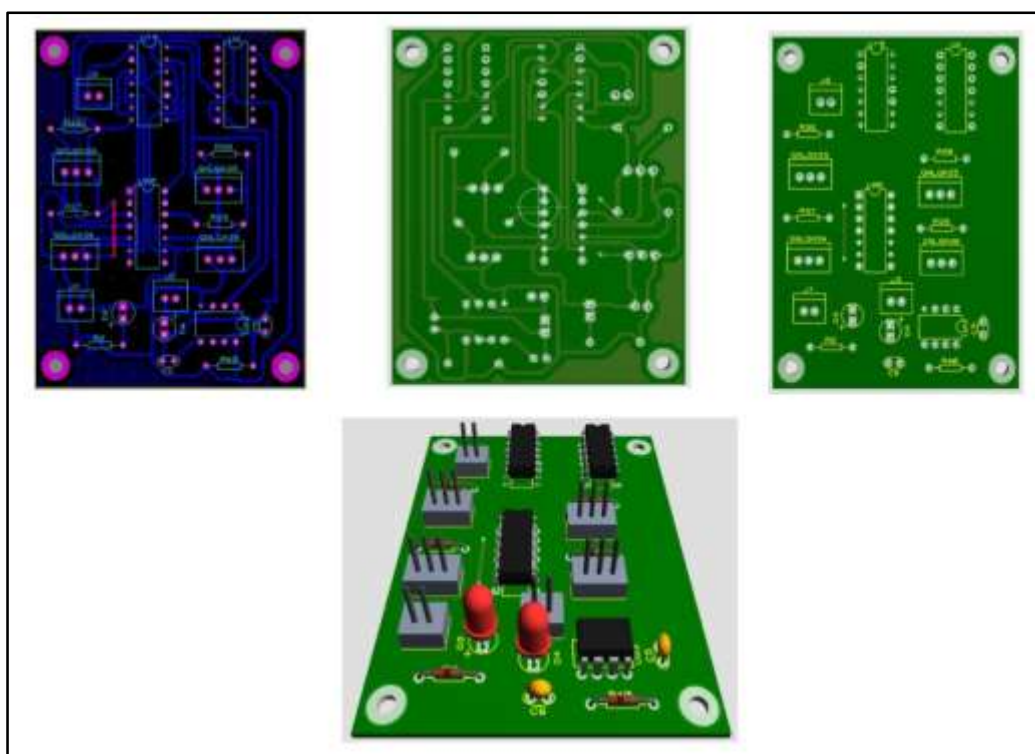
TARJETA ACONDICIONADORA DEL SENSOR A



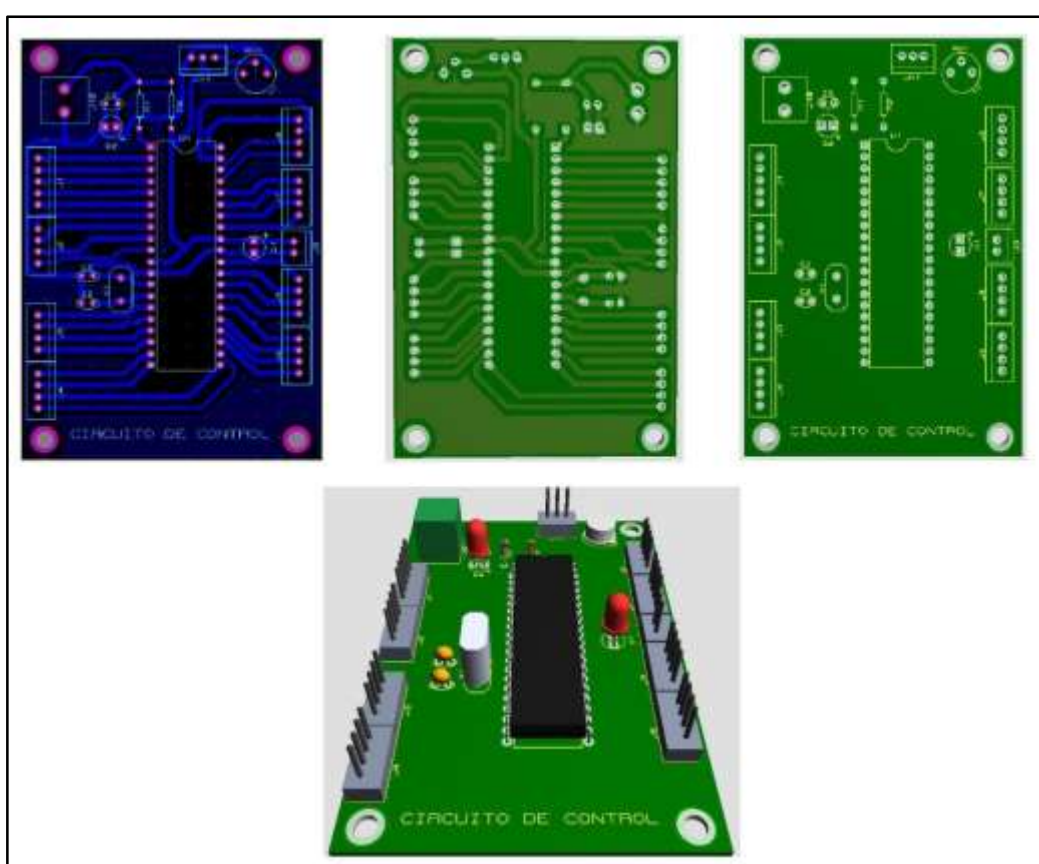
TARJETA ACONDICIONADORA DEL SENSOR B



TARJETA ACONDICIONADORA DEL SENSOR C



TARJETA DE CONTROL Y COMUNICACION SERIAL



ANEXO 8 – PROGRAMACIÓN

Programación en PICC para el microcontrolador

```
#include <16f877a.h>
#fuses XT, NOWDT, NOPROTECT, NOLVP
#use delay(clock=4000000)
#use rs232(baud=9600,xmit=pin_c6,rcv=pin_c7)
#use standard_io(A)
#use standard_io(C)
#use standard_io(D)
#include <stdlib.h>
void main()
{
    output_low(pin_C0); //voltaje 1
    output_low(pin_C1); //voltaje 2
    output_low(pin_C2); //voltaje 3
    output_high(pin_D0); //giro a derecha
    output_high(pin_D1); //giro a izquierda
    char valor; //Dato para la selección del caso
    int x;
    while(TRUE)
    {
        x=0;
        valor=getch();
        switch(valor)
        {
            case '1': //velocidad 1 a 5 voltios
                printf("uno\r");
                output_high(pin_C0); //voltaje 1 activado
                output_low(pin_C1); //voltaje 2 desactivado
                output_low(pin_C2); //voltaje 3 desactivado
                output_low(pin_D0); //giro a izquierda desactivado
                output_high(pin_D1); //giro a derecha activado
                while(TRUE) //bucle infinito hasta que se active reset
                {
                    if(input(pin_A1)==1) //condición de activación final de
                    carrera izquierda
                    {
                        delay_ms(80);
                        x=5;
                    }
                }
            }
        }
    }
}
```

```

if(input(pin_A0)==1)//condición de activación final de
carrera derecha
{
delay_ms(80);
    x=6;
}

if(x==5)//condición giro solo a derecha
{
output_high(pin_D0);
output_low(pin_D1);
delay_ms(300);
}
if(x==6)//condición giro solo a izquierda
{
output_low(pin_D0);
output_high(pin_D1);
delay_ms(300);
}
if(input(pin_A2)==1)//accionamiento placa 1
{
delay_ms(80);
printf("%c\r",'A');
}
if(input(pin_A3)==1)//accionamiento placa 2
{
delay_ms(50);
printf("%c\r",'B');
}
if(input(pin_A4)==1)//accionamiento placa 3
{
delay_ms(50);
printf("%c\r",'C');
}
if(input(pin_A2)==0&&input(pin_A3)==0&&input(pin_A4)==0)//con
dición si no se activa ninguna placa
{
delay_ms(50);
printf("%c\r",'0');
}
}
break;

////////////////////////////////////

```

```

case '2': //velocidad 2 a 9 voltios
printf("dos\r");
output_low(pin_C0); //voltaje 1 desactivado
output_high(pin_C1); //voltaje 2 activado
output_low(pin_C2); //voltaje 3 desactivado
output_low(pin_D0); //giro a izquierda desactivado
output_high(pin_D1); //giro a derecha activado
while(TRUE) //bucle infinito hasta que se active reset
{
if(input(pin_A1)==1) //condición de activación final de
carrera izquierda
{
delay_ms(80);
x=5;
}

if(input(pin_A0)==1) //condición de activación final de
carrera derecha
{
delay_ms(80);
x=6;
}

if(x==5) //condición giro solo a derecha
{
output_high(pin_D0);
output_low(pin_D1);
delay_ms(200);
}
if(x==6) //condición giro solo a izquierda
{
output_low(pin_D0);
output_high(pin_D1);
delay_ms(200);
}
if(input(pin_A2)==1) //accionamiento placa 1
{
delay_ms(50);
printf("%c\r", 'A');
}
if(input(pin_A3)==1) //accionamiento placa 2
{
delay_ms(50);
printf("%c\r", 'B');
}
}

```

```

    }
    if(input(pin_A4)==1)//accionamiento placa 3
    {
        delay_ms(50);
        printf("%c\r",'C');
    }
    if(input(pin_A2)==0&&input(pin_A3)==0&&input(pin_A4)==0)//con
    dición si no se activa ninguna placa
    {
        delay_ms(50);
        printf("%c\r",'0');
    }
}
break;

////////////////////////////////////

case '3'://velocidad 3 a 12 voltios
printf("tres\r");
output_low(pin_C0);//voltaje 1 desactivado
output_low(pin_C1);//voltaje 2 desactivado
output_high(pin_C2);//voltaje 3 activado
output_low(pin_D0);//giro a izquierda desactivado
output_high(pin_D1);//giro a derecha activado
while(TRUE)//bucle infinito hasta que se active reset
{
    if(input(pin_A1)==1)//condición de activación final de
    carrera izquierda
    {
        delay_ms(70);
        x=5;
    }

    if(input(pin_A0)==1)//condición de activación final de
    carrera derecha
    {
        delay_ms(70);
        x=6;
    }

    if(x==5)//condición giro solo a derecha
    {
        output_high(pin_D0);
        output_low(pin_D1);
    }
}

```

```

delay_ms(200);
}
if(x==6)//condición giro solo a izquierda
{
output_low(pin_D0);
output_high(pin_D1);
delay_ms(200);
}
if(input(pin_A2)==1)//accionamiento placa 1
{
delay_ms(50);
printf("%c\r",'A');
}
if(input(pin_A3)==1)//accionamiento placa 2
{
delay_ms(50);
printf("%c\r",'B');
}
if(input(pin_A4)==1)//accionamiento placa 3
{
delay_ms(50);
printf("%c\r",'C');
}
if(input(pin_A2)==0&&input(pin_A3)==0&&input(pin_A4)==0)//con
dición si no se activa ninguna placa
{
delay_ms(50);
printf("%c\r",'0');
}
}
break;

////////////////////////////////////
}
}
}

```

ANEXO 9 – FOTOGRAFÍAS

