

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Carrera de Ingeniería Mecatrónica



**Sistema externo de control remoto para
equipos computacionales de laboratorio**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en
Mecatrónica con el grado académico de Licenciatura**

Kervin Josué Quesada Porras

Cartago, noviembre de 2021



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Estudiante



Kervin Josué Quesada Porras

Céd: 117500218

Cartago, 2021

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
PROGRAMA DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN
ACTA DE APROBACIÓN

El profesor asesor del presente trabajo final de graduación, indica que el documento presentado por el estudiante cumple con las normas establecidas por el programa de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica para ser defendido ante el jurado evaluador, como requisito final para aprobar el curso Proyecto Final de Graduación y optar así por el título de Ingeniero(a) en Mecatrónica, con el grado académico de Licenciatura.

Estudiante: Kervin Josué Quesada Porras

Proyecto: Sistema externo de control remoto para equipos computacionales de laboratorio.

PAULA ELENA
MONGE CHANTO
(FIRMA)



Firmado digitalmente por
PAULA ELENA MONGE
CHANTO (FIRMA)
Fecha: 2021.11.13 16:15:13
-06'00'

Ing. Paula Elena Monge Chanto

Asesora

Cartago, 24 de noviembre 2021

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
PROGRAMA DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN
ACTA DE APROBACIÓN

Proyecto final de graduación defendido ante el presente jurado evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero(a) en Mecatrónica con el grado académico de Licenciatura, según lo establecido por el programa de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Estudiante: Kervin Josué Quesada Porras

Proyecto: Sistema externo de control remoto para equipos computacionales de laboratorio.

Miembros del jurado evaluador

FELIPE GERARDO MEZA
OBANDO (FIRMA)

Digitally signed by FELIPE
GERARDO MEZA OBANDO
(FIRMA)
Date: 2021.11.25 15:02:59 -06'00'

MSc. -Ing. Felipe Meza Obando

Jurado

IVAN ARAYA
MENESES (FIRMA)

Firmado digitalmente por IVAN
ARAYA MENESES (FIRMA)
Fecha: 2021.11.24 22:50:17
-06'00'

MSc. -Ing. Iván Araya Meneses

Jurado

MARTA EUGENIA
VILCHEZ MONGE
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
MARTA EUGENIA VILCHEZ
MONGE (FIRMA)
Fecha: 2021.11.25
15:14:28 -06'00'

MSc. Fís. Marta Vílchez Monge

Jurado

Los miembros de este jurado dan fe de que el presente proyecto final de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por el programa de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica.

Cartago, 24 de noviembre 2021

Resumen

En el presente documento se describe y detalla el proceso de diseño para un sistema que permite el control de un computador de forma remota y externa, que además permite de forma remota desconectar y conectar de forma física los periféricos conectados al computador, todo esto a través de una interfaz web. El sistema que se desarrolla en este informe no requiere instalar ningún tipo de software en el computador controlado. Se presenta además toda la metodología seguida, así como el desarrollo y ejecución de la metodología desde el planteo de necesidades hasta la selección de un diseño ganador. También se muestra todo el análisis de validación de la solución, mediante simulaciones y corridas de pruebas a la solución final, se presenta además todos los planos mecánicos, eléctricos y flujos programáticos del diseño, así como un análisis económico de la solución final.

Palabras clave: control remoto, computadores, diseño mecánico, microprocesador

Abstract

In this document it is described the design process followed for the creation of a system capable of remote controlling a computer without the need of any software installation, the system is also capable of disconnecting and connecting the peripherals connected to the computer through a web interface , In this document it is also described all the methodology followed as well as the execution and decisions made from the state of the necessities until the selection of a winner concept for development. Also, it is shown all the tests done for validation of the system functionality, this validation is done by simulations and implementation of a prototype, all the mechanical drawings, electric diagrams and economic study are also shown in this document.

Keywords: *remote control, computers, disconnection system , microprocessor*

*Dedicado a mi madre Lilian y mi familia que de una u otra
forma siempre estuvieron para mí*

*A mis amigos que siempre me supieron levantar y ayudaron
incondicionalmente*

Agradecimientos

A mi madre Lilian y mi hermana Maribel que siempre estuvieron para mí y me apoyaron incondicionalmente, por confiar en mí y mis capacidades incluso cuando yo no lo hice.

A mi amigo Steven, que estuvo siempre apoyándome, que siempre me inspiró a dar lo mejor de mí y me enseñó a ser tenaz, a luchar hasta el final aún en las situaciones más difíciles.

A la profesora Paula por su tiempo y disposición a ayudar.

Al ingeniero Luis por su interés y disponibilidad ante cualquier duda.

Lista de contenidos

Lista de figuras	V
Lista de tablas	VII
Lista de abreviaciones	VIII
1. Introducción	1
1.1. Contexto del proyecto	1
1.2. Descripción del problema	2
1.3. Síntesis del problema	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivos específicos:	3
1.5. Estructura del documento	4
2. Marco Teórico	6
2.1. Uso de computadores	6
2.1.1. Control de forma remota	7
2.1.2. Protocolo USB	8
2.1.3. Conector USB-C	9
2.2. Simulación de periféricos	10
2.2.1. Captura del vídeo en un computador	11
2.3. Sistemas mecánicos para la transmisión de un movimiento	12
2.3.1. Sistemas de manufactura	16
3. Metodología	18
3.1. Etapas de la metodología	19
3.1.1. Etapa 1: Determinación de necesidades	19
3.1.2. Etapa 2: Establecimiento de especificaciones	19
3.1.3. Etapa 3: Generación de conceptos	19
3.1.4. Etapa 4: Selección de conceptos	20
3.1.5. Etapa 5: Pruebas de validación	20
3.2. Desglose de tareas por objetivo	20
3.2.1. Objetivo 1	21
3.2.2. Objetivo 2	21
3.2.3. Objetivo 3	22
3.2.4. Objetivo 4	23

4. Desarrollo de la metodología	24
4.1. Etapa 1: Determinación de necesidades	24
4.1.1. Interpretación de necesidades	24
4.1.2. Jerarquización e importancia de las necesidades	24
4.2. Etapa 2: Establecimiento de especificaciones	27
4.3. Etapa 3: Generación de conceptos	28
4.3.1. Descomposición funcional del sistema	28
4.3.2. Lluvia de ideas y selección previa	30
4.3.2.1. Concepto 1	33
4.3.2.2. Concepto 2	34
4.3.2.3. Concepto 3	36
4.3.2.4. Concepto 4	37
4.3.2.5. Concepto 5	38
4.3.2.6. Concepto 6	40
4.4. Etapa 4: Selección de conceptos	40
4.4.1. Criterios de selección de conceptos	40
4.4.2. Evaluación de conceptos	41
4.5. Etapa 5: Pruebas de validación	43
4.5.1. Simulación mecánica del sistema de desconexión	43
4.5.2. Simulación eléctrica del motor y los sensores	44
4.5.3. Corrida de prueba para el teclado	45
4.5.4. Corrida de prueba para el ratón	49
4.5.5. Corrida de prueba para la desconexión y conexión	50
4.5.6. Corrida de prueba al sistema de autenticación	53
5. Propuesta de diseño	55
5.1. Selección del microprocesador	55
5.2. Diseño del sistema mecánico para la desconexión y la conexión	57
5.2.1. Dimensionamiento del sistema	57
5.2.2. Selección del motor	61
5.3. Selección del material	63
5.4. Selección de la cámara y los sensores	65
5.5. Dimensionamiento del soporte para la cámara	67
5.6. Desarrollo de la interfaz	67
5.6.1. Interfaz de acceso	67
5.6.2. Interfaz de control de ratón y teclado	68
5.6.3. Interfaz control de los motores	69
5.7. Circuito eléctrico	70
5.8. Propuesta final completa	72
6. Resultados y análisis de las pruebas	79
6.1. Simulación mecánica del sistema de desconexión	79
6.2. Corrida de prueba para la desconexión y conexión de los motores	84
6.3. Simulación eléctrica del motor y los sensores	85
6.4. Corrida de prueba al ratón	87

6.5.	Corrida de prueba al teclado	88
6.6.	Análisis de los resultados del teclado y ratón	92
6.7.	Corrida de prueba sobre el sistema de autenticación	92
6.8.	Prueba para el tiempo de instalación	94
6.9.	Pruebas de funcionalidad	94
7.	Análisis económico	97
8.	Conclusiones y recomendaciones	100
8.1.	Conclusiones	100
8.2.	Recomendaciones	101
Anexos A		105
A.1.	Dimensiones de las raspberry pi zero W	105
A.2.	Dimensiones de la cámara	106
A.3.	Hoja de datos para el sensor CYN70	107
Anexos B		108
B.1.	Encuesta aplicada al cliente	108
B.2.	Tablas de resultados	109
B.2.1.	Tiempos de respuesta	109
B.2.2.	Resumen de los resultados de validación	110
B.3.	Textos usados para las pruebas del teclado	111
B.3.1.	Texto 1:	111
B.3.2.	Texto 2:	111
B.4.	Código utilizado para el proyecto	111
B.4.1.	Algoritmo utilizado para la recolección de tiempo para eventos del teclado	111
B.4.2.	Algoritmo utilizado para la recolección de tiempo para eventos del ratón	112
B.4.3.	Principal	112
B.4.4.	Conversor de tecla a HID para linux	115
B.4.5.	Definición de la interfaz principal	119
B.4.6.	Definición de la interfaz de acceso	120
B.4.7.	Definición de la interfaz de conexiones	121
Anexos C		122
C.5.	Planos	122

Lista de figuras

2.1.	Esquema representativo del funcionamiento del RDP.	7
2.2.	Esquema de 4 hilos para una conexión USB.	9
2.3.	Pines de conexión de un USB-C	10
2.4.	Ejemplo de un sistema de cremallera	13
2.5.	Diagrama de un pistón neumático	14
2.6.	Diagrama de un sistema de biela-manivela	14
2.7.	Diagrama de un sistema de levas	15
2.8.	Diagrama de un sistema tuerca-tornillo	16
3.1.	Metodología seguida en el desarrollo del proyecto.	18
4.1.	Entradas y salidas del sistema.	29
4.2.	División funcional del problema.	29
4.3.	Planteamiento de ideas iniciales.	31
4.4.	División funcional del problema.	32
4.5.	Diagrama de funciones del concepto 1.	33
4.6.	Croquis para un sistema mecánico de cremallera.	34
4.7.	Diagrama de funciones del concepto 2.	35
4.8.	Croquis para un sistema mecánico de biela-manivela.	35
4.9.	Diagrama de funciones del concepto 3.	36
4.10.	Croquis para un sistema de desconexión eléctrica.	37
4.11.	Diagrama de funciones del concepto 4.	38
4.12.	Diagrama de funciones del concepto 5.	39
4.13.	Croquis para un sistema con pistón.	39
4.14.	Diagrama de funciones del concepto 6.	40
4.15.	Planteamiento de la prueba de simulación mecánica	44
4.16.	Diagrama eléctrico del sistema de conexión y desconexión de puertos.	45
4.17.	Vista 1 de la maqueta para las pruebas de desconexión	51
4.18.	Vista 2 de la maqueta para las pruebas de desconexión	52
5.1.	Modelo Raspberry pi zero W seleccionado.	57
5.2.	Dimensiones estándar del puerto USB tipo C.	58
5.3.	Dimensiones estándar del puerto USB tipo A.	58
5.4.	Dimensiones (en mm) del conector USB A utilizado para el diseño.	59
5.5.	Dimensiones (en mm) del conector USB C utilizado para el diseño.	60
5.6.	Dimensiones del motor MG996, en mm.	62

5.7.	Diagrama de fuerzas aplicadas por el motor, dimensiones en mm. . . .	63
5.8.	Interfaz de acceso.	68
5.9.	Interfaz de control de periféricos.	69
5.10.	Interfaz de manejo de conexiones.	70
5.11.	Diagrama eléctrico del sistema de conexión y desconexión de puertos. .	72
5.12.	Vista 1 del ensamblaje de todo el sistema	73
5.13.	Vista 2 del ensamblaje de todo el sistema	74
5.14.	Sistema de desconexión completo	75
5.15.	Base del sistema de desconexión	76
5.16.	Palanca 1 del sistema de desconexión	77
5.17.	Palanca 2 del sistema de desconexión	77
5.18.	Conector del sistema de desconexión	78
5.19.	Base para la cámara y la raspberry	78
6.1.	Fuerzas colocadas para la realización de las simulación, vista 1	80
6.2.	Fuerzas resultantes de la simulación mecánica	81
6.3.	Simulación resultante para el factor de seguridad	82
6.4.	Maqueta funcional utilizada para las pruebas	83
6.5.	Sistema de desconexión, USB - tipo A	84
6.6.	Resultados de la simulación eléctrica	86
1.	Planos mecánicos de la raspberry pi zero W	105
2.	Planos mecánicos del módulo de cámara de la raspberry pi zero W . . .	106
3.	Hoja de datos del sensor CNY70	107

Lista de tablas

4.1.	Interpretación de necesidades.	25
4.2.	Necesidades obtenidas de primer y segundo nivel y su importancia relativa.	26
4.3.	Tabla de métricas planteadas según necesidades.	28
4.4.	Valores marginales e ideales establecidos para las métricas.	28
4.5.	Definición de criterios según necesidades.	41
4.6.	Evaluación inicial de conceptos.	42
4.7.	Evaluación final de conceptos.	43
4.8.	Pruebas de repetitibilidad para el teclado alfabético	46
4.9.	Pruebas de repetitibilidad para teclas numéricas y caracteres especiales	47
4.10.	Pruebas de repetitibilidad para teclas comando	48
4.11.	Prueba de texto al teclado	49
4.12.	Pruebas de repetitibilidad para el ratón	49
4.13.	Prueba de funcionalidad para el ratón	50
4.14.	Pruebas de funcionalidad para el sistema mecánico de desconexión	53
4.15.	Corrida de prueba a la interfaz de acceso.	54
5.1.	Comparativa de distintas características para microprocesadores.	56
5.2.	Comparativa por peso de distintos modelos de microprocesadores.	56
5.3.	Características de algunos tipos de motores.	60
5.4.	Comparativa por peso de distintos motores.	61
5.5.	Comparativa de materiales para la impresión 3D.	64
5.6.	Comparativa por pesos de distintos materiales.	65
5.7.	Comparativa de características de algunos sensores para la detección de presencia.	66
5.8.	Comparativa por pesos de distintos sensores de proximidad.	66
6.2.	Tabla resumen para la prueba de desconexión	85
6.1.	Prueba de desconexión y conexión para ambos motores.	85
6.3.	Resultados de prueba de repetitibilidad para el ratón.	87
6.4.	Resultados de prueba de funcionalidad para el ratón.	88
6.5.	Resultados de prueba de repetitibilidad para el teclado, conjunto de letras.	89
6.6.	Resultados de prueba de repetitibilidad para el teclado, conjunto de números y símbolos.	90
6.7.	Resultados de prueba de repetitibilidad para el teclado, conjunto de comandos.	91
6.8.	Prueba de escritura para el teclado.	91

6.9.	Tabla resumen de las pruebas al teclado y ratón.	92
6.10.	Prueba de autenticación para distintos usuarios.	93
6.11.	Tabla resumen del cumplimiento de la métrica 3	94
6.12.	Resultados para las pruebas de instalación	94
6.14.	Tabla resumen para las pruebas de instalación y funcionalidad	96
6.13.	Resultados para la prueba de funcionalidad	96
7.1.	Listado de precios por componentes.	98
7.2.	Cálculo de costos y beneficios totales del proyecto	99
7.3.	Tabla resumen del análisis económico	99
1.	Tiempos de respuestas para las corrida del teclado alfabético, en milise- gundos	109
2.	Tiempos de respuestas para la corrida del teclado numérico y símbolos, en milisegundos	109
3.	Tiempos de respuestas para la corrida de teclados de comandos, en mi- lisegundos	110
4.	Tiempos de respuestas para los click del ratón, en milisegundo.	110
5.	Resumen del cumplimiento de las métricas a partir de la validación. . .	110

Lista de abreviaciones

Abreviaciones

USB	Universal Serial Bus
PLA	Polylactic Acid
ABS	Acrylonitrile Butadiene Styrene
MTTS	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de Costa Rica
VAN	Valor Actual Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno
ROI	Retorno sobre la Inversión
HID	Human Interface Devices

Capítulo 1: Introducción

En este capítulo se presenta el contexto bajo el cual se desarrolla el proyecto, también se detalla el problema a resolver y los objetivos a cumplir.

1.1. Contexto del proyecto

La empresa Intel, corresponde a una multinacional que se encuentra en Costa Rica desde 1997, ubicados en Belén de Heredia, dedicados al desarrollo, fabricación y soporte de microprocesadores para sistemas computacionales, desarrollan sistemas con especificaciones de diseño computacionales para las nuevas tecnologías. [1]

Intel Costa Rica ha sido un gran impulsor en el área de investigación y desarrollo en el país y representa una gran contribución a la cantidad empleos [1] en C.R, además en los últimos años se han realizado esfuerzos por aumentar el alcance de las operaciones, que contribuye al sector económico de todo el país. La empresa posee como misión crear soluciones para los mayores desafíos de sus clientes con tecnología fiable y tiene como pilares de su operación una serie de valores tales cuales como: audacia, inclusión, obsesión por los clientes, Intel como una unidad, veracidad y transparencia, por último, pero igual de relevante, calidad. En temas tecnológicos la empresa posee una amplia gama de productos que ofrece al mercado, los cuales van desde soluciones comerciales para usuarios de tipo doméstico o individuales hasta soluciones de gran magnitud como servidores escalables.

El presente proyecto se realiza en la empresa de Intel Costa Rica, específicamente en

un laboratorio destinado a realizar pruebas de distintos tipos que permiten caracterizar el rendimiento de prototipos de computadoras que se encuentran en los laboratorios de la empresa Intel.

Este laboratorio es el encargado de correr una serie de pruebas sobre distintos computadores, estas pruebas por lo general consisten en correr una serie de comandos y medir el rendimiento del computador durante su ejecución, además las pruebas se realizan sobre computadores que en su mayoría no se encuentran en el mercado.

1.2. Descripción del problema

Los computadores bajo prueba (de ahora en adelante nos referiremos a ellos con la abreviación OBP, objeto bajo prueba) no pueden ser extraídos del laboratorio ya que son productos aún no comerciales, esto representa un problema para los ingenieros ya que algunas pruebas tienen duraciones extensas y actualmente no existe un sistema eficiente en la que el ingeniero pueda controlar y revisar el progreso de las pruebas de forma remota.

Otra característica importante de estas pruebas es el hecho de que al iniciarlas se debe realizar una desconexión de todos los periféricos conectados al OBP, incluido el cable de alimentación del computador esto fuerza a que para poder iniciar las pruebas siempre deba haber al menos una persona presencialmente en el laboratorio que pueda hacer la desconexión física de los conectores.

Además, la crisis sanitaria por la que atraviesa el país agravó el problema al restringirles a los ingenieros el acceso al laboratorio de forma regular, el laboratorio implementó una solución parcial al problema utilizando una cámara que observa la pantalla del OBP y programas de control remoto, por ejemplo VNC, Remote desktop, Team Viewer etc, pero esta solución no resuelve el problema de la desconexión de los puertos, además al estar utilizando software para el control de los periféricos este agrega un consumo de

recursos extra al OBP, lo cual tiene afectaciones en las pruebas de rendimiento.

1.3. Síntesis del problema

Inexistencia de un sistema de control remoto externo que permita el control de un computador a través de la red y que además sea capaz de realizar la desconexión física de los puertos del computador, exportar la salida de video física del computador y además de cuenta con la capacidad de observar otros indicadores físicos como LED o displays de 7 segmentos, todo esto manteniendo una baja intrusión de cara a minimizar el efecto del sistema en las pruebas del computador.

1.4. Objetivos

El objetivo general que se plantea para este proyecto de graduación es el siguiente; Diseñar un sistema de control remoto externo de poca intrusión para el manejo de un computador portátil que permita la desconexión física de los puertos de conexión en la empresa Intel Costa Rica.

1.4.1. Objetivos específicos:

1. Establecer mediante un diagnóstico e investigación bibliográfica el proceso actual de control para definir los requerimientos que necesita un sistema de control remoto externo en un computador.
2. Diseñar un sistema que permita el control del ratón y teclado de un computador de forma externa por señales enviadas a través de la red interna de la empresa
3. Diseñar un sistema de control electromecánico remoto externo que permita la desconexión física de los puertos USB y de alimentación del computador

4. Valorar el sistema de control remoto externo mediante pruebas y simulaciones para validar el cumplimiento de los requerimientos planteados.

1.5. Estructura del documento

A continuación se presenta una descripción de cada uno de los capítulos del proyecto, por supuesto el documento cuenta con los apartados de anexos y referencias bibliográficas en los últimos dos apartados del documento pero no se incluyen en el desglosado a continuación.

1. **Capítulo 1 Introducción:** Corresponde al presente capítulo y actúa como apartado introductorio al tema, pone en contexto al lector describiendo generalidades del proyecto como: empresa en la que se realiza, entorno adyacente al problema, el problema en sí que afecta a la empresa y la síntesis que se plantea del mismo.
2. **Capítulo 2 Marco teórico:** En este capítulo se presenta todo el estudio bibliográfico realizado para llevar a cabo el proyecto, se presenta toda la información que fuese necesaria para el correcto entendimiento y ejecución del problema.
3. **Capítulo 3 Metodología:** Capítulo correspondiente a todo el marco de trabajo bajo el que se ejecuta el proyecto, define los pasos a seguir para abarcar la recolección de información, desarrollo de requerimientos, generación de soluciones y validación de las mismas.
4. **Capítulo 4 Desarrollo de la metodología:** Este capítulo presenta la ejecución de los procesos planteados en la metodología y todos los datos, conceptos y detalles que fueron obtenidos durante el proceso de diseño de la solución
5. **Capítulo 5 Propuesta de diseño:** En este apartado se muestra en detalle la solución al problema, en términos de selección de materiales, elecciones de diseño y manufactura de las piezas, entre otros aspectos importantes.

6. **Capítulo 6 Análisis de resultados:** A lo largo del capítulo 6 se presentan todos los resultados de las pruebas de validación, así como la integración de cada uno de los subconjuntos desarrollados durante todo el proyecto; además, se reflexiona sobre los datos obtenidos y se generan conclusiones de la validez de la solución.
7. **Capítulo 7 Análisis económico:** En este capítulo se presenta un análisis de cara a comprender las afectaciones económicas que tendrá la empresa gracias al desarrollo del presente proyecto.
8. **Capítulo 8 Conclusiones y recomendaciones:** A partir de todo el desarrollo del proyecto en el capítulo 8 se presentan las conclusiones, así como también se detallan posibles recomendaciones para una futura continuación o implementación del proyecto.

Capítulo 2: Marco Teórico

A continuación se presenta la investigación teórica realizada para el desarrollo del proyecto, se abarca el estudio teórico dividiéndolo en 3 temas importantes, el primero referente al control de computadores de forma remota, el segundo tema respecto a sistemas mecánicos que transmitan un movimiento y un tercero de la simulación de periféricos utilizando microprocesadores.

2.1. Uso de computadores

Con el avance de la tecnología a lo largo de los años la presencia de computadores en todos los ámbitos se ha hecho cada vez más común, por lo general los computadores requiere de la conexión de una serie de periféricos para poder navegar el computador, tales como el teclado, el ratón y el monitor. El uso de periféricos de un computador tradicionalmente requiere que el usuario se encuentre físicamente al frente del computador, ya que las conexiones suelen ser físicas a través de cables con protocolos USB. Con el avance de la globalización el poder controlar un computador de forma remota se ha vuelto algo imperativo en la mayoría de empresas, esto ha permitido que muchos empleados adopten las prácticas de teletrabajo o WFH(working from home), además en los dos últimos años (2020-2021) estas prácticas han tenido un increíble aumento debido a la crisis sanitaria que vive el planeta, por ejemplo para junio del 2020 42 % de la fuerza laboral en USA se encontraba WFH [3] y en Costa Rica para diciembre del 2020 se reportaba un estimado de 35 % de la fuerza laboral trabajando de forma

remota.[4]

2.1.1. Control de forma remota

La forma típica en la que actualmente se realiza el control de un computador de forma remota es a través de internet, por medio de software que permite el control de teclado y el ratón, además de transmitir la señal de vídeo del computador, algunos de programas que realizan el control remoto utilizan un protocolo llamado RDP(remote desktop protocol), la mayoría de sistemas operativos de Windows ya posee este tipo de protocolos integrados para su uso por parte de software externo. [5]. El control remoto le permite al usuario interactuar con el computador como si se estuviera presencialmente al frente del computador, estas prácticas resultan especialmente útiles en situaciones en las que un proceso sea difícil de automatizar o requiera de una supervisión constante del usuario.

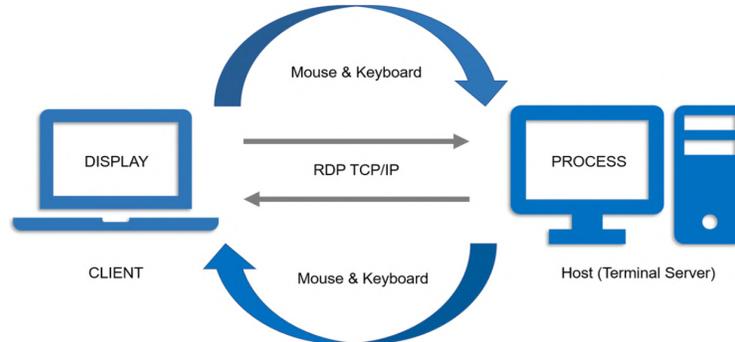


Figura 2.1: Esquema representativo del funcionamiento del RDP.

Fuente [5]

El RDP funciona tal que existe un cliente y un servidor (host), como se muestra en la figura 2.1, el cliente es el software instalado en los dispositivos que se quiere controlar y el host corresponde a un servidor virtual que se encarga de hacer el procesamiento de los datos, esto hace que por lo general software que hace uso del protocolo RDP se pueda utilizar en dispositivo con bajo poder computacional, sin embargo el uso del

protocolo RDP tiene otra serie de implicaciones, en cuanto a uso del internet, tiempo de respuesta del CPU y acceso a las memorias [6]. Estas implicaciones surgen al tener varios dispositivos conectados, ya que al darse el procesamiento en el servidor los recursos son compartidos, por lo que si un usuario corre algún programa mal optimizado este afecta el uso de todos los demás dispositivos que compartan la conexión, además el uso de recursos de internet que requiere el protocolo RDP suele ser intenso ya que toda la comunicación se realiza por medio de internet, incluyendo la salida gráfica.

Una característica importante de los sistemas utilizado en el control remoto de un computador es la latencia, definido como el tiempo que le toma a una señal alcanzar su destino una vez enviada a través de la red, según sea la aplicación de los dispositivos se requieren mayores o menores tiempos de respuesta, por ejemplo en el área financiera y los automóviles eléctricos se maneja latencias menores a los 5 ms, mientras que en la automatización se habla de 10 ms en adelante según la aplicación [27], por otro lado para uso comercial de computadores el software de control remoto suele ofrecer soluciones menores a 150 ms [28], ya que latencia mayores a esta provocan un mala experiencia en el usuario.

2.1.2. Protocolo USB

El protocolo USB consiste en un tipo de conexión de dispositivos el cuál se ha convertido a lo largo de los años en el estándar de conexión para periféricos, principalmente para el computador, donde en la actualidad la mayoría de teclados y ratones que se encuentra en el mercado dispone de una conexión USB en alguna de sus versiones. El protocolo USB consiste en un sistema de bus punto a punto en el que se tiene un host y un dispositivo, para llevar a cabo la comunicación hace uso de testigos o tokens enviados por el host hacia los dispositivos y luego el dispositivo en funcionamiento devuelve el token. El USB se caracteriza por brindar alimentación a los dispositivos ya que se encuentra formado por 4 hilos, 1 para alimentación, 1 para tierra y 2 de señales, como

se muestra en la figura 2.2.

A lo largo de los años se han creado distintas versiones USB que por lo general tienen la intención de mantenerse a la altura de las nuevas tecnologías y las velocidades necesarias, la velocidad de transferencia del USB 1.0 era de 1.5 Mbps, para la versión USB 2.0 las velocidades alcanzaron 480 Mbps y para las versiones más recientes USB 3.0 se habla de velocidades de hasta 10 Gbps [22] [23]

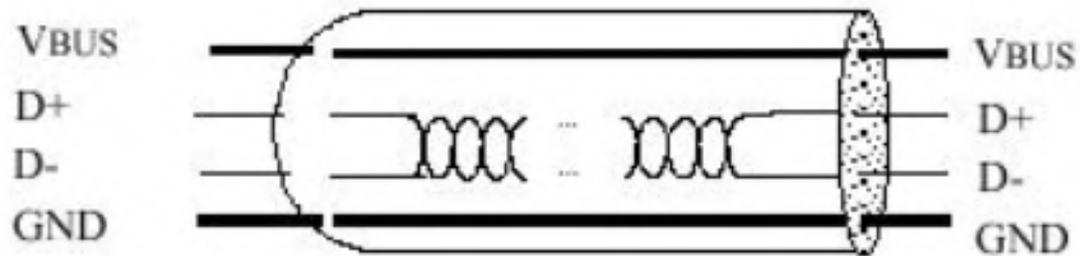


Figura 2.2: Esquema de 4 hilos para una conexión USB.

Fuente: [7]

2.1.3. Conector USB-C

Debido a la ubicuidad del USB nace la necesidad de generar un conector más actualizado a las nuevas tecnologías, el USB tipo A y B se comenzaron a quedar cortos en sus capacidades de cara a los nuevos retos tecnológicos, es por eso que nace el conector tipo C, este vino a presentar una opción de menor tamaño más delgada que sus antecesores, además posee la calidad única de ser un conector reversible, es decir el conector no tiene una orientación específica para conectarlo. El conector USB - C requiere según la documentación oficial entre 8 y 20 N para su desconexión y entre 5 y 20 N para su conexión [20]. El conector USB-C posee un total de 24 pines, los cuales se muestran en la figura 2.3 que permiten configurar distintos detalles a la hora de usar el conector, además permite el uso del USB como alimentación de energía para los dispositivos en caso que así se requiera, es por esto que actualmente se observan dispositivos que utilizan su cable de carga con USB-C como por ejemplo celulares y computadores.

A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1
GND	RX2+	RX2-	VBUS	SBU1	D-	D+	CC	VBUS	TX1-	TX1+	GND
GND	TX2+	TX2-	VBUS	VCONN			SBU2	VBUS	RX1-	RX1+	GND
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12

Figura 2.3: Pines de conexión de un USB-C .

Fuente: [20]

2.2. Simulación de periféricos

Para que un controlador sea capaz de enviar una señal simulando ser un periférico es necesario que el controlador actúe como un dispositivo y no como un host como lo haría normalmente, esta funcionalidad se puede llevar a cabo con una característica de algunos puertos USB llamada USB Gadget Mode o USB device mode.

El modo gadget o también conocido como USB-OTG (on the go) permite que dos dispositivos USB se puedan conectarse a pesar que los dos sean de tipo host o device, el OTG se encarga de que uno de los dispositivos actúe como host mientras que el otro como device, de esta forma se puede llevar a cabo la comunicación para el intercambio de datos [10]. Esto permite que componentes que no estén pensados para actuar como dispositivos puedan ser configurados como dispositivos siempre y cuando posean el soporte en hardware para hacerlo, algunos microcontroladores incluyen estas funcionalidades en sus puertos para permitir la emulación de puertos como Ethernet, puerto serial, ratón, teclado o incluso almacenamiento.

En el mercado existen algunos microcontroladores y microprocesadores que permiten el uso de USB-OTG en sus puertos como la familia de PIC32 [11] de microchip y la Raspberry Pi Zero, Zero W y la raspberry V4 [12]. La emulación de periféricos por supuesto no se realiza únicamente con hardware, requiere de un sistema de software que soporte este tipo de implementaciones, este tipo de emulación se lleva a cabo mediante el uso de 'USB Gadget API' un marco de trabajo en sistemas Linux que permite que

el sistema actúe como dispositivos en lugar de host, la mayoría del software necesario para utilizar estas funcionalidades se encuentra nativo integrado en los sistemas a partir de las versiones 2.6 en adelante de sistemas Linux. El sistema soporta una serie de tipos de dispositivos a través del puerto OTG, tales como:

1. HID driver (human interface devices).
2. "MTP"(Media Transfer Protocol, PTP++) .
3. Drivers de impresoras (de algunos modelos comerciales).
4. Drivers de audio y vídeo, aún en etapas muy experimentales del proyecto.

Algunos de los dispositivos que se aceptan aún se encuentra en fase experimentales, en el caso de periféricos como ratón y teclado son las más desarrollados, que corresponden a los HID drivers. El principio de funcionamiento de la emulación de periféricos es tal que el dispositivo que se configura imita y envía las señales correspondientes.

2.2.1. Captura del vídeo en un computador

En un sistema de control remoto de un computador es de vital importancia ser capaz de visualizar la pantalla de la computadora controlada, cuando se utilizan software de control remoto, este mismo software se encarga de enviar la señal de vídeo a través de la red, existen otros sistemas como las capturadoras de vídeo, estos corresponde a un dispositivo ajeno al computador que es conectado y se encarga de grabar o transmitir la información de vídeo de un dispositivo hacia otro, por lo general estas capturadoras requieren de un computador conectado a ellas que se encarga de procesar y reenviar la información recolectada. Existe otra forma de captura del video y es de forma externa, una cámara que apunte a la pantalla y transmita ese video hacia algún servidor externo, esta forma de capturar el video presenta una serie de implicaciones a considerar como la luminosidad de la pantalla y el ambiente en el que se encuentra el sistema.

Para poder mover el ratón y poder escribir en el computador es esencial tener visualización de la pantalla, ya que sin esto no se tendría ningún tipo de retroalimentación de donde se está moviendo el ratón o de donde se está escribiendo en el computador de prueba, por lo tanto aunque se tuviera un sistema que sea capaz de enviar la información para mover el ratón y el teclado sino se tiene una forma de visualizar el computador no se puede llevar a cabo el control del computador. Además, poder observar la pantalla del computador permite saber cuando han ocurridos otros eventos en el computador bajo prueba como lo puede ser que se haya apagado el sistema, se haya suspendido o bien se haya descargado el computador.

2.3. Sistemas mecánicos para la transmisión de un movimiento

Existen distintos tipos de movimientos mecánicos, de forma básica pueden ser divididos en 4 tipos, movimiento lineal, recíproco, rotatorio y oscilatorio [13] El diseño de mecanismos suele combinar distintos de estos tipos de movimiento para crear sistemas que transmitan una acción. Un movimiento lineal es aquel que se mueve un único eje o sobre una línea recta, al ser combinado con un movimiento circular permite generar mecanismo que mueve una pieza sobre una línea recta a partir de un movimiento rotatorio.

Cremalleras: Una forma común para realizar un movimiento lineal a partir de un movimiento circular es el uso de cremalleras, este corresponde a un sistema mecánico que posee un piñón y una pieza rectangular dentada que encaja en un carril(cremallera), el piñón encaja sobre el carril y provoca que al girar el piñón la cremallera realice un desplazamiento lineal como se muestra en la figura 2.4.



Figura 2.4: Ejemplo de un sistema de cremallera .

Fuente: [16]

Pistones: Otra forma mediante la que se puede realizar un movimiento lineal es con el uso de pistones, ya sean eléctricos o neumáticos, también conocidos como actuadores lineales. Los pistones son dispositivos que convierten la energía eléctrica o el aire comprimido en energía mecánica, los pistones en su mayoría tienen una estructura similar conformada por un vástago y un cabezal, como se muestra en la figura 2.5, el cabezal recibe energía ya sea eléctrica o de aire comprimido, generando que el vástago se contraiga o se extienda, en los pistones eléctricos esta transformación de energía se suele hacer mediante mecanismo de inducción o magnetismo, en el caso del aire comprimido se hace mediante la presión que ejerce el aire sobre el pistón interno.

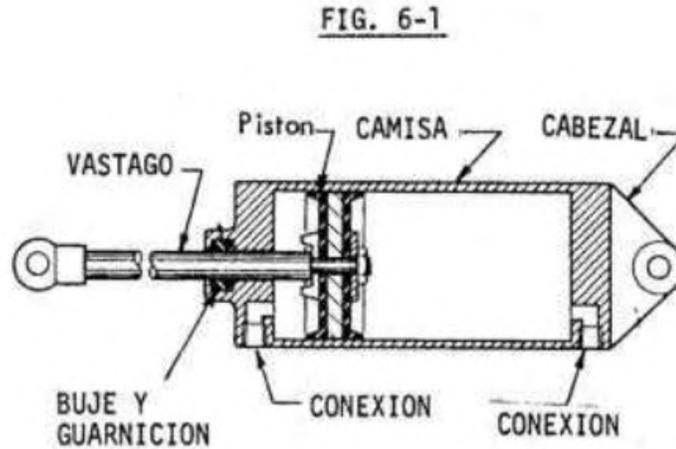


Figura 2.5: Diagrama de un pistón neumático .

Fuente: [17]

Biela-manivela: Este corresponde a otro tipo de sistemas para la conversión de un movimiento circular a un movimiento lineal, tal como se muestra en la figura 2.6; el sistema se compone de una manivela que se encuentra conectado mediante una barra de unión a la biela, la biela corresponde a un collarín que se encuentra restringido en su movimiento a un solo eje, por lo tanto cuando la manivela realiza una rotación el collarín se desplaza linealmente. De forma general se diseña para que una vuelta de la manivela corresponda a una carrera completa del collarín.

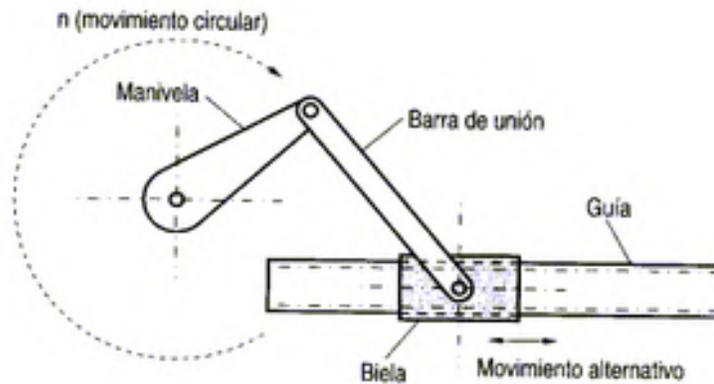


Figura 2.6: Diagrama de un sistema de biela-manivela .

Fuente: [18]

Leva: Este corresponde a un mecanismo que hace provecho del giro de una figura excéntrica (figura no simétrica) para realizar un movimiento lineal en una varilla o seguidor, es un sistema como el que se presenta en la figura 2.7, para este tipo de sistema se requiere un control preciso del motor que gira la leva para poder controlar la distancia exacta a la que se mueve la varilla.[18]

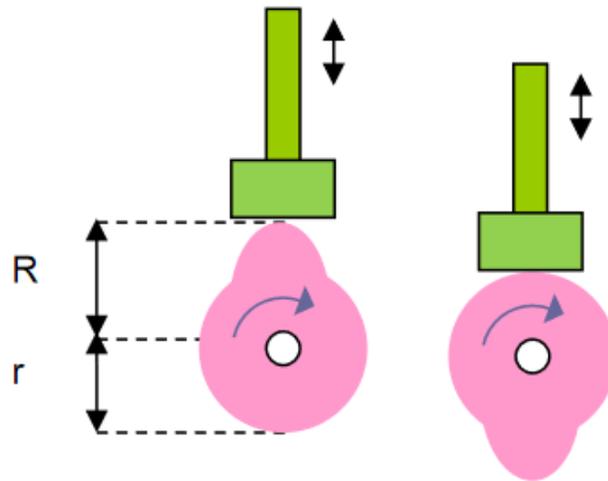


Figura 2.7: Diagrama de un sistema de levas .

Fuente: [18]

Tuerca y tornillo A partir de un tuerca fija y una barra dentada que rota sobre la tuerca se puede generar un movimiento lineal, este tipo de mecanismo suele ser utilizado cuando se requieren grandes fuerzas de sujeción y suele no ser reversible[19]. En la figura 2.8 se muestra un diagrama de un sistema de tuerca-tornillo para transmitir un movimiento lineal.

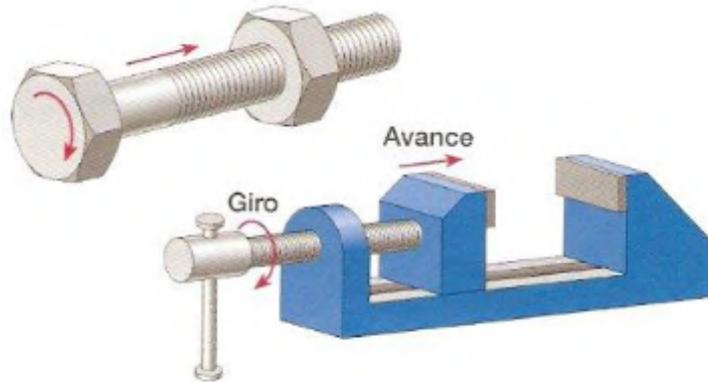


Figura 2.8: Diagrama de un sistema tuerca-tornillo .

Fuente: [18]

2.3.1. Sistemas de manufactura

Para el desarrollo y diseño de mecanismos es esencial el estudio de distintos tipos de manufactura según el tipo de mecanismo, dimensiones y las fuerzas que deba soportar. La elección del tipo de manufactura corresponde a un proceso importante en el diseño de mecanismos ya que según sean los requerimientos un proceso puede resultar beneficioso o perjudicial para el sistema y si no se tiene en cuenta el sistema podría tener fallos críticos.

Maquinado: Es el proceso en el que a partir del material sólido se fabrica cada una de las piezas por medio de la remoción de material hasta alcanzar las formas y tolerancias deseadas, para el proceso de remoción de material por lo general requiere de maquinaria especializada como los tornos, fresadoras o taladros, estas maquinarias suelen tener un costo considerable y aumenta según las tolerancias que sean necesarias en la pieza final[26], además se suele perder bastante material durante este proceso de manufactura. Es de los tipos de manufacturado más antiguos y es posible utilizarlo en diferentes tipos de trabajos, ya sean de alta o baja precisión, requiere de mano de obra entrenada para poder dar uso a la maquinaria que se utiliza durante todos los procesos.

Corte láser: El proceso de corte láser es un métodos aplicado desde los años 80

[25] en la industria del metal y recientemente se ha migrado al corte láser en otros tipos de materiales lo cual le da una gran versatilidad, por lo general este método es utilizado cuando se pueden realizar los mecanismos de forma que pueden ser obtenidos a partir de una superficie plana, como láminas. El principal costo de este proceso es la maquinaria de corte láser pero en términos de materiales resulta de bajo costo, además su uso suele ser sencillo en comparación a maquinaria de maquinado.

Manufactura aditiva: Un método de manufactura moderno que ha tomado fuerza en los últimos años resulta especialmente útil para el prototipado rápido y permite el ajuste de parámetros de forma rápida y sencilla. En términos de costo resulta un método de manufactura de bajo costo y su curva de aprendizaje resulta más rápida que otros procesos. Su mayor ventaja sale a relucir en la fabricación de piezas pequeñas con geometrías complejas. [24] Es una de las formas de producción más convenientes para proyectos individuales, que no requieren un manufacturado en masa, aunque puede ser usado para ello con los equipos suficientes. La facilidad de aprendizaje de incursión en este tipo de manufacturado la vuelve una gran arma en el desarrollo de prototipos.

Capítulo 3: Metodología

En este apartado se detalla la metodología empleada para abordar el problema del proyecto, la metodología seguida corresponde a la del proceso de ingeniería, específicamente el planteado por K. Ulrich y S. Eppinger [9] los cuales describen el proceso en 5 etapas, las cuales se detallan a continuación y se presentan de forma gráfica en la figura 3.1

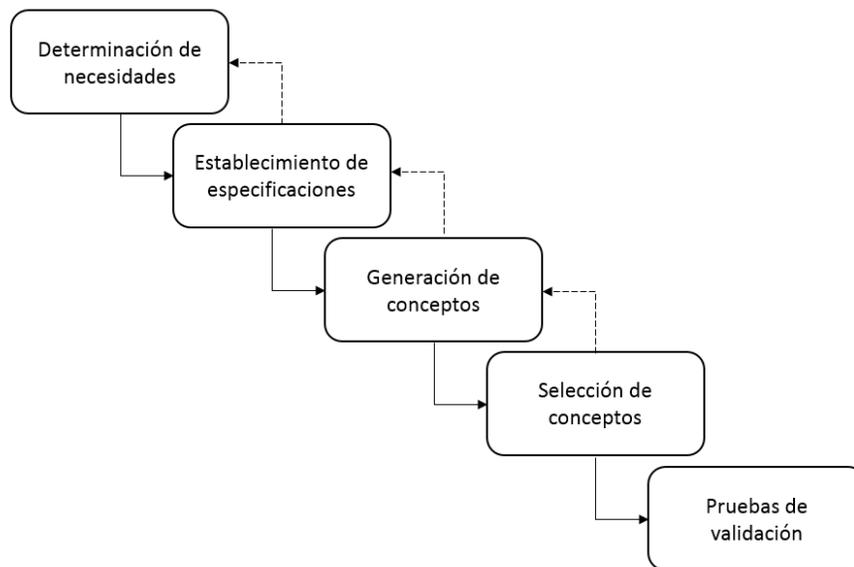


Figura 3.1: Metodología seguida en el desarrollo del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

3.1. Etapas de la metodología

3.1.1. Etapa 1: Determinación de necesidades

En esta etapa se desarrollan 4 pasos principales, primeramente se colectan todos los datos que se consideren relevante para la funcionalidad de una solución, luego en un segundo paso se procesa y sintetiza toda la información dada por el cliente en necesidades puntuales, en un tercer paso se jerarquizan estas necesidades con ayuda del cliente según la importancia que este considere en cada una de las necesidades y por último se realiza una reflexión de todo el proceso previo y las necesidades que se obtuvieron.

3.1.2. Etapa 2: Establecimiento de especificaciones

De igual forma al establecer las especificaciones se siguen 4 pasos, primero el establecimiento de métricas cuantificables con el fin de medir, en la medida de lo posible, con números exactos el valor de la solución para cada una de las necesidades planteadas, un vez planteadas las métricas se procede a realizar una búsqueda de productos o soluciones que ya existan en el mercado, con la finalidad de obtener distintos tipos de conceptos que satisfagan las necesidades parcial o totalmente, basado en la búsqueda de información recolectada se lleva cabo una tercera etapa en la que se declaran los valores objetivos ideales y marginales para cada una de las métricas, para finalizar esta etapa se lleva a cabo una reflexión sobre los datos planteadas y obtenidos.

3.1.3. Etapa 3: Generación de conceptos

En el establecimiento de los conceptos se realiza una paso inicial en el que se descompone el problema en subproblemas, de forma que cada uno pueda ser atacado de distintas formas, generando así distintas combinaciones de solución al problema, siem-

pre apuntando a satisfacer las necesidades planteadas inicialmente, seguidamente se realiza una búsqueda externa e interna de soluciones que ataquen cada uno de los sub-problemas, esto con la finalidad de ampliar el espacio de conceptos que se genera, luego se generan diversos conceptos para un posterior filtrado.

3.1.4. Etapa 4: Selección de conceptos

Una vez se tiene el espacio de conceptos, se requiere un filtrado para aislar los candidatos más prometedores de cara a la solución, este filtrado se realiza tomando en cuenta las necesidades y las especificaciones, se realizan matrices de selección para evaluar cada uno de los conceptos y determinar un solo prototipo, por último se realiza una reflexión sobre el prototipo obtenido y se analizan posibilidades de iteración y se cuestiona el alcance del concepto ganador.

3.1.5. Etapa 5: Pruebas de validación

Esta sección consiste principalmente de 3 etapas, el planteamiento de las pruebas, donde se detallan las pruebas y simulaciones en relación a cada una de las métricas con el fin de medir el rendimiento de la solución en cada una de las necesidades, la segunda etapa consiste en la ejecución y documentación de las pruebas que se planteen, por último una tercera etapa tiene cabida, en la cual se reflexiona y cuestionan las pruebas realizadas.

3.2. Desglose de tareas por objetivo

A continuación, se hace detalle de las tareas planteadas para cumplir con cada uno de los objetivos del proyecto.

3.2.1. Objetivo 1

Establecer mediante un diagnóstico e investigación bibliográfica el proceso actual de control para definir los requerimientos que necesita un sistema de control remoto externo en un computador.

Reunirse con las personas que llevan a cabo el proceso actual. Durante esta tarea se propone reunirse con el asesor de la empresa para obtener toda la información pertinente al proceso de pruebas que realizan en el laboratorio, las técnicas que utilizan actualmente y las necesidades que posee el cliente.

Identificar las desventajas e inconvenientes del método actual en el que se realiza el proceso. Durante esta tarea se realiza el estudio de documentos y referencias respecto al problema, con la finalidad de tener las bases teóricas para atacar el problema y poder discernir la problemática del método actual.

Identificar los procedimientos del proceso donde se pueden implementar soluciones mecatrónicas Al realizar esta tarea se plantea identificar el listado de requerimientos que presenta el problema de cara a desarrollar una solución mecatrónica.

3.2.2. Objetivo 2

Diseñar un sistema que permita el control del ratón y teclado de un computador de forma externa por señales enviadas a través de la red interna de la empresa.

Investigar sobre sistemas previos que realicen procesos similares. Durante esta tarea se plantea investigar sobre las soluciones comerciales que existan para el control remoto de un computador, independiente de si sean interno o externos al computador, de esta tarea se plantea obtener una serie de combinaciones posibles para realizar el control o emulación de periféricos.

Generación de distintas formas de realizar el control del computador Durante esta etapa se plantea tomar la información recolectada en la tarea anterior y

obtener una propuesta que se adapte a las necesidades de este proyecto.

Planteamiento del diseño Durante esta etapa se proponen plantear un diseño de forma detallada, tomando en cuenta conexiones eléctricas y la lógica de programación que se planea seguir para llevar a cabo la ejecución del control de periféricos.

Estudio de materiales y dispositivos Para esta tarea se plantea a partir de tener un diseño establecido de las etapas anteriores, realizar un estudio de materiales y dispositivos que sean necesarios para una posible implementación del proyecto, al final de esta etapa se planea tener un listado específico de todos los materiales que requiere la solución escogida.

3.2.3. Objetivo 3

Diseñar un sistema de control electromecánico remoto externo que permita la desconexión física de los puertos USB y de alimentación.

Investigar la existencia de soluciones anteriores que abarquen problemas similares. Durante esta tarea se plantea realizar un investigación de soluciones a las necesidades que hayan sido identificadas durante el desarrollo del objetivo 1, se toman en cuenta soluciones parciales o puntuales de alguna funcionalidad del sistema, no solamente sistemas que solucionen todo el problema.

Plantear el diseño para el proceso de desconexión Una vez realizada la tarea anterior descrita, con toda la información recolectada se plantearan distintos diseños posibles para sistemas que sean capaces de desconectar un puerto USB, durante esta tarea se crearan criterios de selección basados en la importancia del cliente para cada una de las necesidades del sistema, como resultado de esta tarea se espera tener un concepto ganador que sea parte de la solución final.

Generar los planos y documentación para el diseño del sistema. Para esta tarea se pretende una vez se posee un concepto ganador, realizar el diseño completo, creando planos que cumplan con todos los requisitos de diseño de mecanismos y

permitan la visualización del mecanismo de desconexión, también se pretende realizar animaciones del movimiento para una mayor claridad visual del movimiento que realiza el mecanismo.

Estudio de la selección de materiales para la implementación del diseño

Durante esta tarea se realiza un estudio de materiales de acuerdo a los planos diseñados en la etapa anterior, se pretende al finalizar esta tarea se tenga una selección de materiales adecuados que soporten los esfuerzos a los que se somete el mecanismo y garanticen la funcionalidad del sistema en caso de una futura implementación en la empresa.

3.2.4. Objetivo 4

Valorar el sistema de control remoto externo mediante pruebas y simulaciones para validar el cumplimiento de los requerimientos planteados.

Planteamiento de las pruebas necesarias para validar el sistema. Durante esta tarea se pretende definir todo el listado de pruebas, simulaciones y corridas de prueba que requieran todos los diseños planteados en los objetivos anteriores, estas pruebas deben ser capaces de validar la funcionalidad del sistema y determinar que los diseños realizados funcionarían en caso de una posible implementación futura.

Ejecución de las pruebas de validación En esta tarea se ejecutan todas las pruebas y simulaciones planteadas en la tarea anterior, durante las pruebas se recolectan los datos necesarios para su futuro análisis.

Documentar las pruebas realizadas. En esta tarea final es donde se lleva a cabo todo el análisis de las datos colectados, se realizan gráficos y se efectúa un análisis a profundidad que permita obtener las conclusiones necesarias de la validez del proyecto de cara a resolver las necesidades y requerimientos del cliente.

Capítulo 4: Desarrollo de la metodología

En este capítulo se muestra la ejecución de la metodología descrita en el capítulo anterior.

4.1. Etapa 1: Determinación de necesidades

4.1.1. Interpretación de necesidades

Primeramente se planteó una serie de preguntas que se realizaron durante una entrevista con el ingeniero a cargo del área, este ingeniero era el encargado de coordinar y ejecutar las pruebas. Las preguntas generadas pretendían abarcar la mayoría de aspectos del proyecto, para poder diagnosticar y detallar los deseos del cliente y convertirlas en necesidades del proyecto. Durante la conversación se tomaron enunciados dichos por el cliente y transformados en necesidades como se muestra en la tabla 4.1

4.1.2. Jerarquización e importancia de las necesidades

A partir de esta interpretación se procedió a realizar un análisis más a fondo de las necesidades y agrupando las necesidades interpretadas en necesidades de primer y segundo nivel, además por medio de una encuesta como la que se muestra en el apéndice B.1 se categoriza las necesidades según importancia para el cliente. En la tabla 4.2 se muestra una categorización de segundo y primer nivel para necesidades obtenidas.

Tabla 4.1: Interpretación de necesidades.**Fuente:**Elaboración propia

Pregunta o tema	Enunciado del cliente	Necesidades
Una descripción general del problema	Al iniciar las pruebas necesito que se desconecten los puertos de alimentación y periféricos	Que el sistema sea capaz de desconectar los puertos de forma remota
	Lo ideal sería que yo me pueda conectar a través de la red de Intel	Que el sistema se pueda controlar a través de la red
	Como quiero poder controlarlo necesito que se pueda ver la pantalla del computador (bajo prueba)	Que posea un sistema de visualización de la pantalla del objeto bajo prueba
	El objetivo es que use menos recursos de lo que lo harías los programas tradicionales	Que el sistema minimice el uso de potencia durante las pruebas
	Necesito que se pueda controlar la compu con entradas de teclado y ratón como si estuviera frente al computador	Que pueda controlar el ratón y el teclado
	Lo ideal sería que yo ingrese un código o un tipo de ip y me pueda conectar a un pc en específico	Que el usuario pueda escoger específicamente a que computador conectarse
	Me gustaría que no sea demasiado complicada de entender y pueda ir viendo el progreso	Que exista un interfaz legible y amigable con el usuario
Tipos de modelos que trabajan	La mayoría de los computadores tiene distribuciones distintas de sus conectores	Que se pueda usar para distintos tipos de conectores.
	En el laboratorio manejamos distintos modelos de computadoras.	Que se pueda usar para distintos modelos de computadores
Facilidad de uso	Lo ideal es que no requiera instalar nada	Que no se requiera instalar ningún tipo de software en el computador bajo prueba
	Me gustaría que se pueda cambiar entre computadores y no necesariamente sea fijo	Que sea portable
	Lo ideal es que sea completamente agnóstico, sin tener que instalar nada	Que solo requiera una instalación (seteo) inicial
	Me gustaría que no tuviera que perder tiempo revisando constantemente	Que posea mínima intervención del usuario
	Sería bueno que pueda ver el estado de los puertos para saber si se puede empezar la prueba	Que le indique al usuario el estado de los conectores (conectados o desconectados)
	Sería deseable que no exista mucho lag en la pantalla	Que no exista un retraso considerable entre lo que se muestra en pantalla
Consideraciones de seguridad	Sí sería importante que pida algún tipo de autenticación	Que exista un sistema de autenticación
¿Presupuesto del que se dispone?	El presupuesto estaría ligado al diseño, pero aproximadamente se tendría unos 500 dolares	Que se ajuste al presupuesto

4.1. Etapa 1: Determinación de necesidades

Tabla 4.2: Necesidades obtenidas de primer y segundo nivel y su importancia relativa.

Fuente: Elaboración propia

Num	Necesidades (primer nivel)	Necesidades (segundo nivel)	Imp. relativa
1	Que el sistema se capaz de desconectar físicamente los puertos usb para distintos modelos	Que el sistema sea capaz de desconectar los puertos	5
		Que se pueda usar para distintos modelos de computadores	2
2	Que el sistema permita el control de los periféricos a través de la red	Que el sistema se pueda controlar a través de la red	5
		Que pueda controlar el ratón y el teclado	5
3	Que exista un sistema de visualización del objeto bajo prueba	Que posea un sistema de visualización de la pantalla del OBP	5
		Que no exista un retraso considerable entre lo que se muestra en pantalla	4
4	Que tenga un mínimo consumo de potencia	Que el sistema minimice el uso de potencia durante las pruebas	5
5	Que posea una interfaz que le permita al usuario conectarse a un a distintos computadores	Que el usuario pueda escoger específicamente a que computador conectarse	3
		Sistema de autenticación	3
		Que exista un interfaz legible y amigable con el usuario	4
		Que muestre el estado de los actuadores	3
		Que le indique al usuario el estado de las pruebas	3
6	Portable	Que sea portable	2
7	Que funcione con la menor cantidad de intervenciones	Que solo requiera una instalación inicial	3
		Que posea mínima intervención de personas	4
		Que no se requiera instalar ningún tipo de software en el computador bajo prueba	3
8	Se ajuste al presupuesto	Que se ajuste al presupuesto	4

4.2. Etapa 2: Establecimiento de especificaciones

Una vez establecidas las necesidades y su importancia según el cliente, se procedió a obtener las especificaciones y métricas del problema, las métricas obtenidas y su relación con las necesidades se muestra en la tabla 4.3. (#M hace referencia al número de métrica, #N al número de la necesidad e Imp se refiere a la importancia de la métrica)

A partir de las métricas se establecen los valores marginales e ideales esperados para cada una de las especificaciones, estos valores se muestran en la tabla 4.4, cabe destacar que para las métricas que fueron definidas como binarias no se definen estos valores ya que solo existen dos posibles valores, que exista o no el elemento. El torque y la potencia consumida fueron establecidas a partir de las especificaciones dadas por la asociación USB IF en las especificaciones para USB [20], por otro lado los valores de tiempo de instalación fueron planteados según las declaraciones del cliente donde en promedio le toma 30 minutos comenzar preparar una prueba, de igual forma los márgenes presupuestarios fueron planteados según lo dicho por el cliente donde se tiene aproximadamente 500 dolares para realizar el proyecto.

Tabla 4.3: Tabla de métricas planteadas según necesidades.

Fuente:Elaboración propia

# M	# N	Métrica	Imp	Unidades
1	1	Fuerza necesaria para desconectar el conector	4	Newtons
2	2	Permite el control	5	Binaria
3	3	Existe un sistema de autenticación	3	Binaria
4	4	Desconecta los puertos conectados	5	Cantidad
5	5	Cantidad de computadores	3	Cantidad
6	6	Tiempo de instalación inicial	3	Minutos
7	6	Tamaño	3	Centímetros
8	7	Cantidad de intervenciones	3	Cantidad
9	8	Costo del proyecto	5	Colones
10	3	Latencia del teclado y ratón	4	milisegundos

Tabla 4.4: Valores marginales e ideales establecidos para las métricas.

Fuente:Elaboración propia

# M	Métrica	Imp	Unidades	V.Marginal	V. Ideal
1	Fuerza necesaria para desconectar el conector	4	Newtons	8	8
2	Permite el control	5	Binaria	-	-
3	Existe el sistema de autenticación	3	Binaria	-	-
4	Desconecta los puertos conectados	5	Cantidad	1	2
5	Cantidad de computadores	3	Cantidad	1	>1
6	Tiempo de instalación inicial	3	Minutos	30	>30
7	Tamaño	3	Centímetros	10x10x10	<10x10x10
8	Cantidad de intervenciones	3	Cantidad	3	<3
9	Costo del proyecto	5	Dólares	500	<500
10	Latencia del teclado y ratón	4	Milisegundos	300	<150

4.3. Etapa 3: Generación de conceptos

4.3.1. Descomposición funcional del sistema

Antes de comenzar con la generación de conceptos es necesario realizar una descomposición funcional del problema, con el objetivo de atacar cada uno de los subproblemas

4.3. Etapa 3: Generación de conceptos

de forma independiente, con soluciones individuales, primeramente en la figura 4.1 se definen las entradas y salidas del sistema, luego se puede subdividir en funciones el sistema completo como se muestra en la figura 4.2, en esta observamos el sistema descompuesto en 6 bloques generales, esta división se realizó tomando en cuenta las necesidades obtenidas de secciones anteriores. El sistema fue dividido en las siguientes funciones:



Figura 4.1: Entradas y salidas del sistema.

Fuente:Elaboración propia

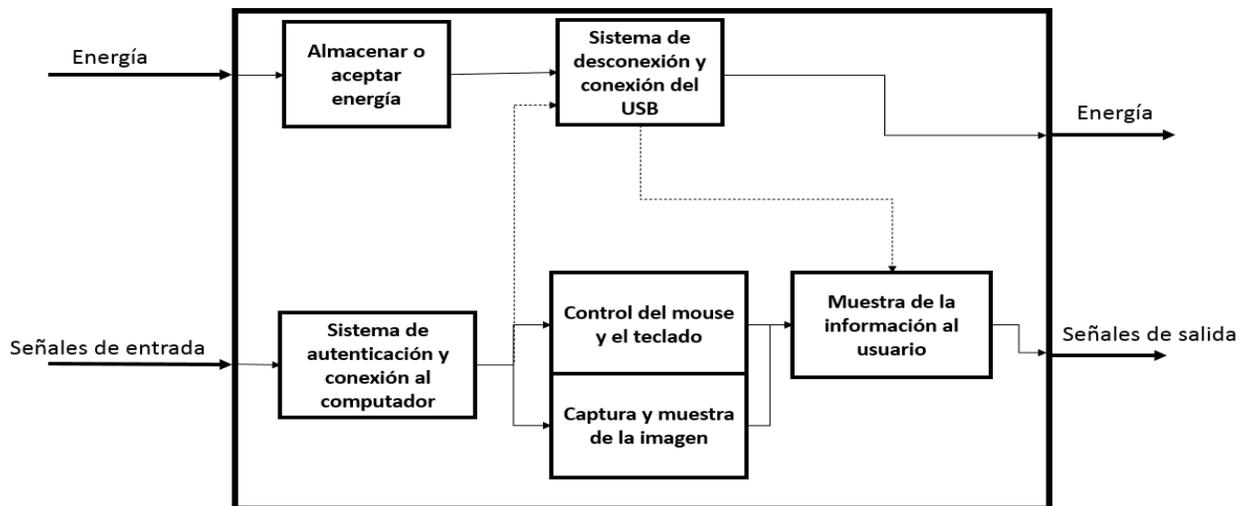


Figura 4.2: División funcional del problema.

Fuente:Elaboración propia

1. Almacenar o aceptar energía: Esta función abarca la forma en la que se alimenta de energía al sistema.

4.3. Etapa 3: Generación de conceptos

2. Sistema de desconexión y conexión: En esta función se explora el diseño de sistemas que permita realizar al desconexión física o eléctrica de un conector USB
3. Sistema de autenticación: En este apartado se detallan opciones para realizar la autenticación de un sistema, es decir comprobar que el usuario esté autorizado o no a conectarse remotamente a los dispositivos
4. Control de periféricos: Función que envuelve el cómo controlar el ratón y el teclado del computador de forma remota.
5. Captura y muestra de la imagen: esta función hace referencia al hecho que se debe mostrar la pantalla del OBP al usuario, se exploran distintas formas de llevarlo a cabo.
6. Muestra de información al usuario: En esta función se exploran distintas formas de presentarle la información al usuario

4.3.2. Lluvia de ideas y selección previa

Inicialmente se realiza una lluvia de ideas para cada una de las funciones, tratando de abarcar distintas posibilidades y ámbitos de la solución. Antes de iniciar la generación de conceptos se hizo una búsqueda externa de posibles soluciones a cada una de las funciones, muchas de las opciones encontradas coincidía con conceptos planteados de forma similar durante la lluvia de ideas; Como resultado de estos dos procesos se generaron las ideas planteadas en la tabla 4.3



Figura 4.3: Planteamiento de ideas iniciales.

Fuente:Elaboración propia

En el caso de la funcionalidad “información al usuario” solo se plantearon dos ideas 1, una interfaz gráfica convencional donde se le muestre al usuario la pantalla y el estado de los actuadores y 2 un sistema sin interfaz gráfica, únicamente una señal de vídeo y el estado de los actuadores le indica al usuario haciendo uso de software dedicado al IoT que permiten enviar señales de alerta, por lo tanto se le alertaría al usuario cada vez que el estado de los actuadores cambie. Después de un análisis a esta funcionalidad se decide escoger únicamente la opción de interfaz gráfica y no la de alertas por mensajería ya que la opción de interfaz gráfica representa una solución más interactiva de cara al usuario, por mensajería se es capaz de avisar al usuario de una forma más instantánea pero posee la desventaja que no se pueden realizar acciones directas sobre el sistema.

Por otra parte en la funcionalidad de la autenticación se encontraron dos formas típicas de autenticar un usuario, por medio de credenciales, ya sea un código o un usuario con contraseña, o bien por parámetros biométricos, huella digital, es este caso

4.3. Etapa 3: Generación de conceptos

se decidió seleccionar las credenciales ya que estas están implementadas, cada trabajador de la empresa posee asignados un usuario y una contraseña por lo que se puede tomar ventaja de esto, además para el uso biométrico se requeriría que toda computadora por la que accede el usuario posea un lector de huellas dactilares lo cual encarecería considerablemente el proyecto.

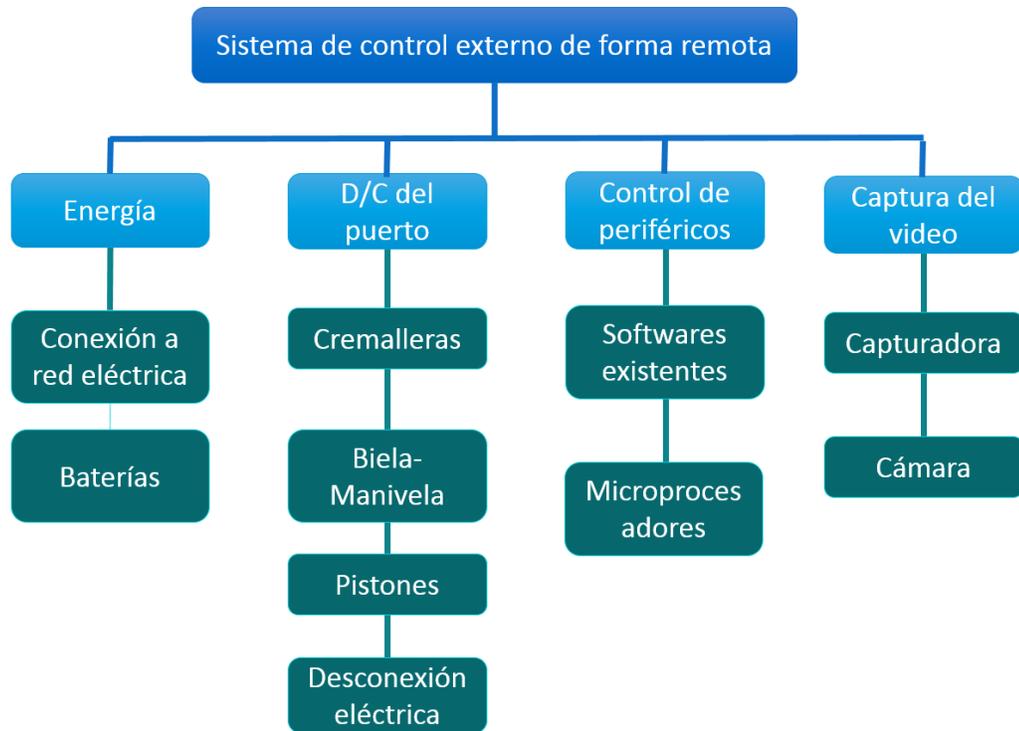


Figura 4.4: División funcional del problema.

Fuente:Elaboración propia

Otro aspecto importante a la generación de conceptos es el hecho que en la funcionalidad de control de periféricos, se dejó como posible solución los software de control, esto con el fin de usarlos como conceptos de referencia para la evaluación de conceptos.

Por lo tanto, las ideas utilizadas en el desarrollo de los conceptos son las que se presentan en la figura 4.4. De estas ideas se generaron una series de combinaciones que dieron lugar a 6 conceptos distintos los cuales se describen a continuación.

4.3.2.1. Concepto 1

Este corresponde a un sistema con alimentación desde la red eléctrica, es decir tiene una conexión a la electricidad, para el mecanismo de desconexión y conexión se utiliza un mecanismo de cremallera en el cual, el USB es colocado en un cabezal móvil que posee una cremallera en su parte superior, esta cremallera se engancha a un servomotor que gira un engranaje que a su vez desplaza la cremallera, para el sistema de visualización se utiliza una cámara colocada de forma que se pueda observar en su totalidad la pantalla del OBP, por último en este concepto se plantea realizar el control de los periféricos a través de software existentes. En la figura 4.5 se muestra el diagrama de funciones para este concepto, además en la figura 4.6 se muestra un boceto del mecanismo de desconexión por cremallera.

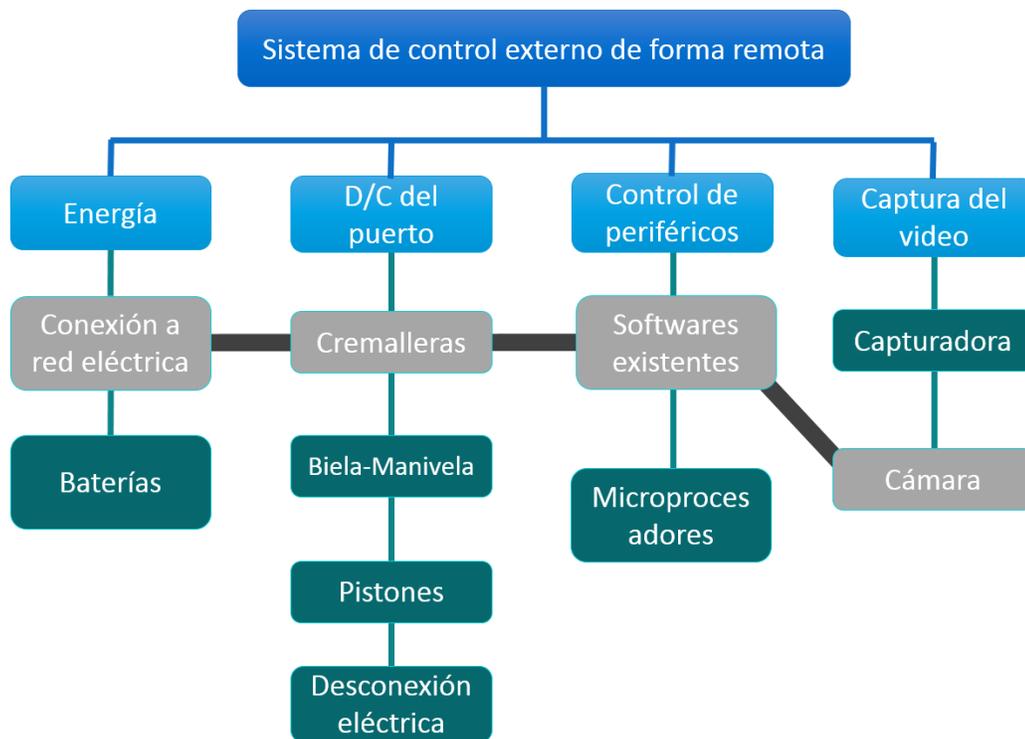


Figura 4.5: Diagrama de funciones del concepto 1.

Fuente:Elaboración propia

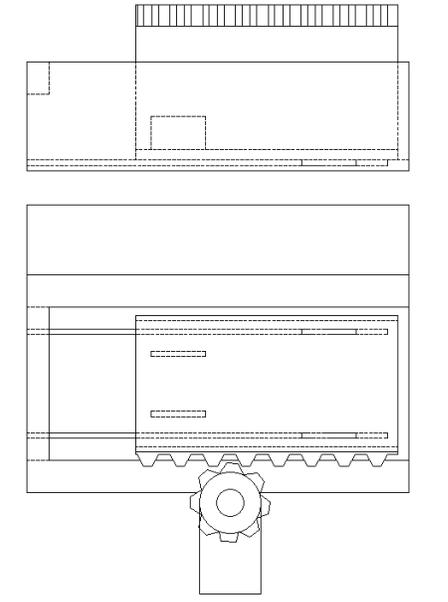


Figura 4.6: Croquis para un sistema mecánico de cremallera.

Fuente:Elaboración propia

4.3.2.2. Concepto 2

Para este concepto, al igual que el concepto 1, se utiliza un sistema de alimentación directo a la red eléctrica, pero para el mecanismo de desconexión se plantea un sistema mecánico similar a una biela-manivela, como se muestra en la figura 4.8, para el control de periféricos se plantea el uso de un microprocesador, para la visualización del OBP se realiza mediante una cámara que observe la totalidad de la pantalla del computador a prueba, en la figura 4.7 se muestra un diagrama de funciones para este concepto.

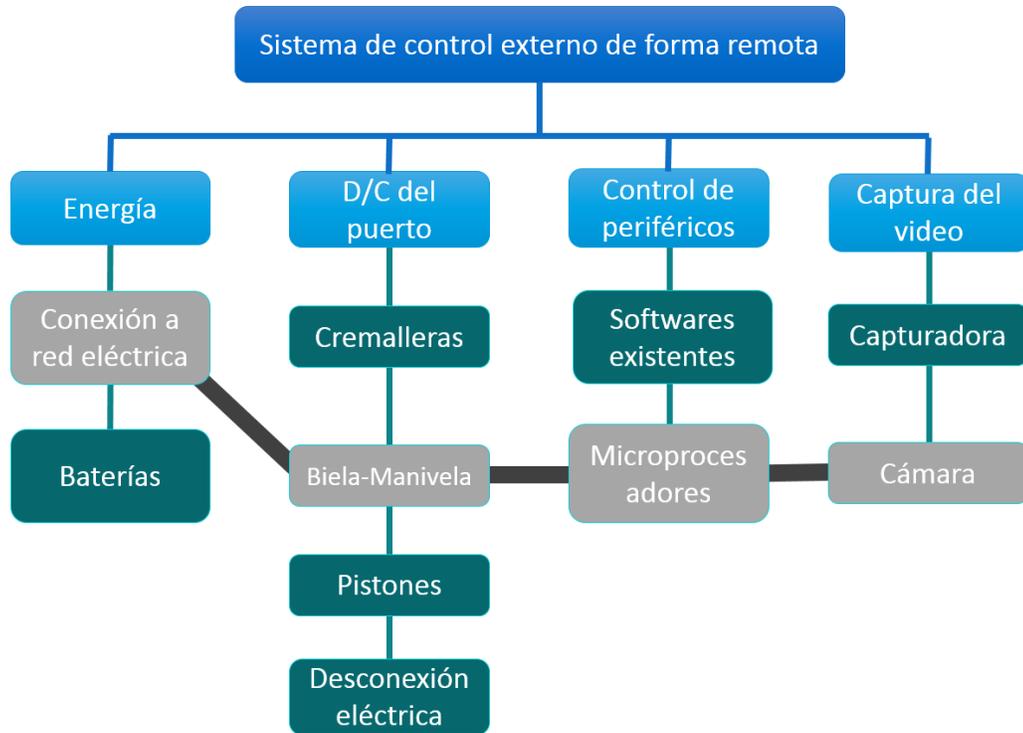


Figura 4.7: Diagrama de funciones del concepto 2.

Fuente:Elaboración propia

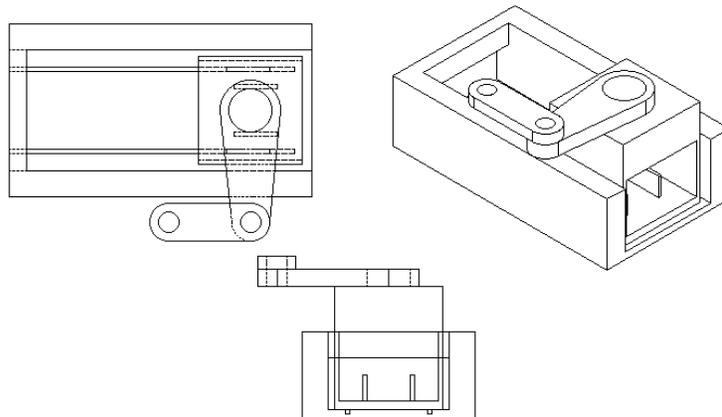


Figura 4.8: Croquis para un sistema mecánico de biela-manivela.

Fuente:Elaboración propia

4.3.2.3. Concepto 3

Para este concepto de igual forma se plantea una alimentación directa a la red eléctrica, para el mecanismo de desconexión se plantea una desconexión eléctrica mediante una intervención en el cableado, tal que se coloque un switch en el conector de vcc del USB, en la figura 4.10 se muestra una representación de un sistema de este tipo, para el control de periféricos se plantea utilizar algún software existente de control remoto y para la visualización de la pantalla se plantea el uso de una cámara que observe la totalidad de la pantalla del OBP. En la figura 4.9 se muestra un diagrama de funciones de este concepto.

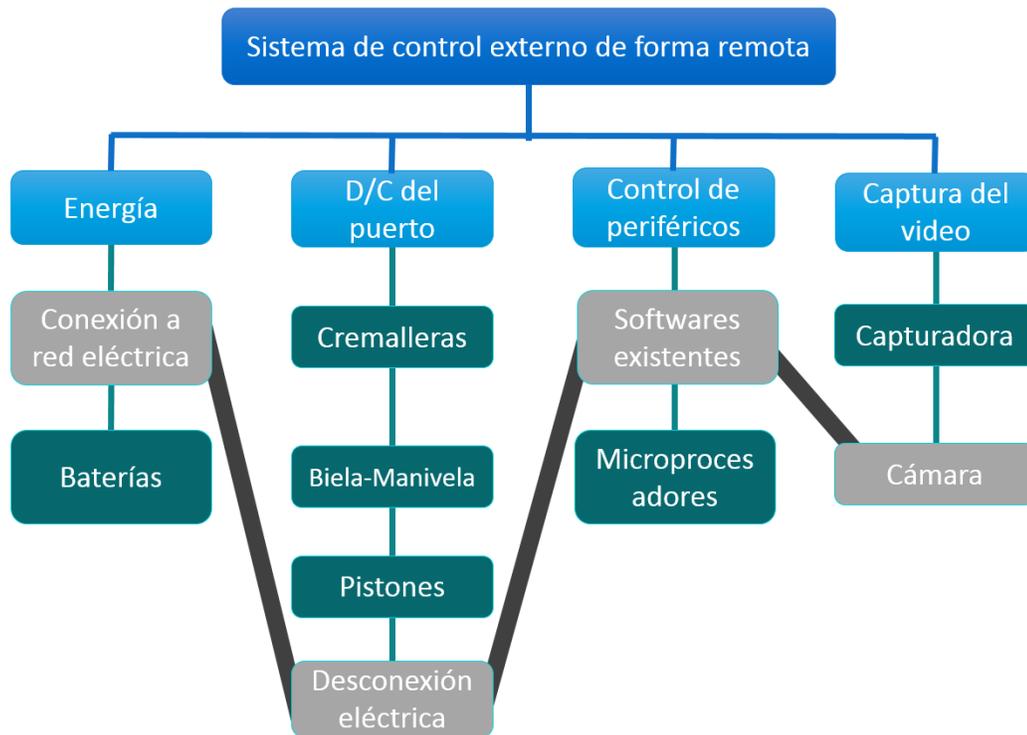


Figura 4.9: Diagrama de funciones del concepto 3.

Fuente:Elaboración propia

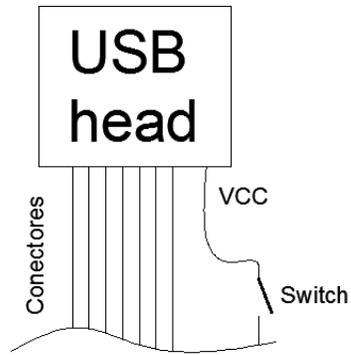


Figura 4.10: Croquis para un sistema de desconexión eléctrica.

Fuente:Elaboración propia

4.3.2.4. Concepto 4

Para este concepto se utiliza un sistema de baterías que alimente al sistema, para el mecanismo de desconexión se utilizaría un sistema de biela-manivela como se muestra en la figura 4.8, para el control de los periféricos se utiliza un microprocesador y a diferencia del resto de conceptos en este se plantea el uso de una capturadora para hacer la visualización de la imagen en el OBP. En la figura 4.11 se muestra un diagrama de funciones para este concepto.

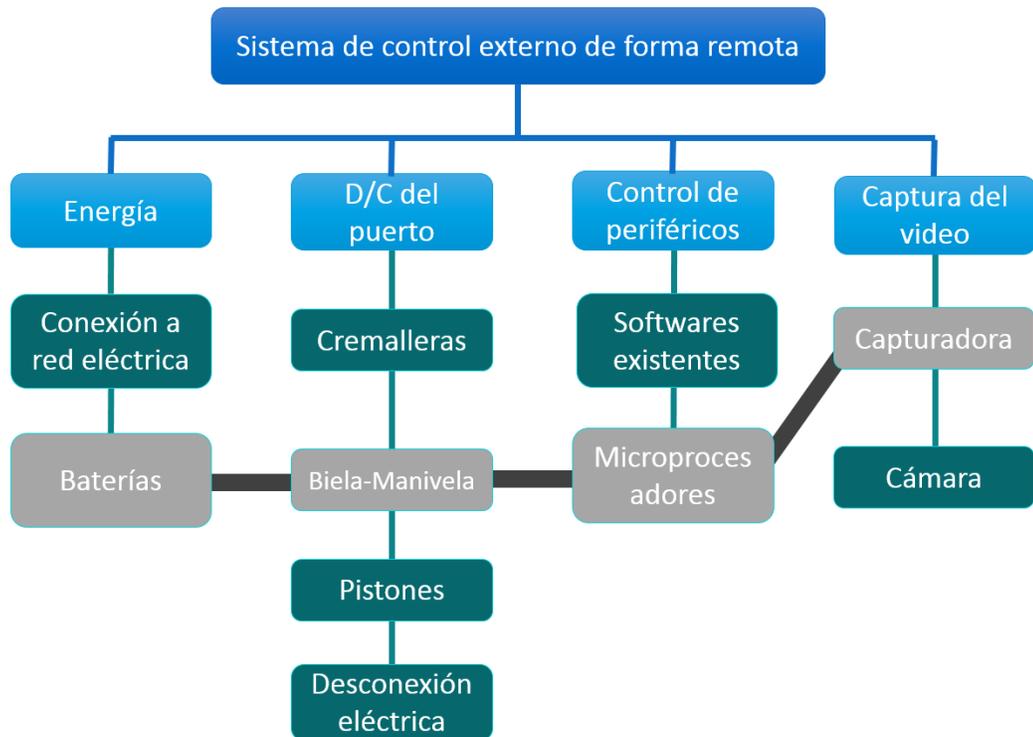


Figura 4.11: Diagrama de funciones del concepto 4.

Fuente:Elaboración propia

4.3.2.5. Concepto 5

En este caso este concepto realiza la alimentación al sistema desde baterías, para su mecanismo de desconexión se utilizan pistones eléctricos, para la visualización de la pantalla se utiliza una cámara en frente del OBP y para el control de periféricos se haría de forma externa utilizando un microprocesador. En la figura 4.13 se muestra un boceto para un mecanismo con un pistón/actuador, además en la figura 4.12 se muestra el diagrama de funciones de este concepto.

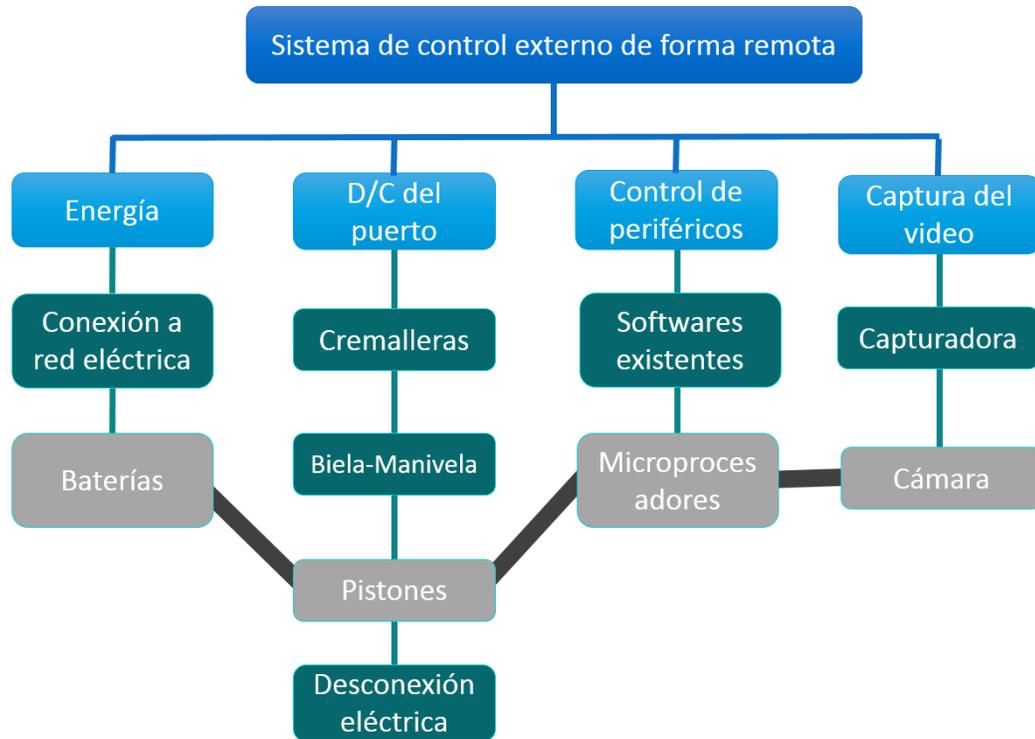


Figura 4.12: Diagrama de funciones del concepto 5.

Fuente:Elaboración propia

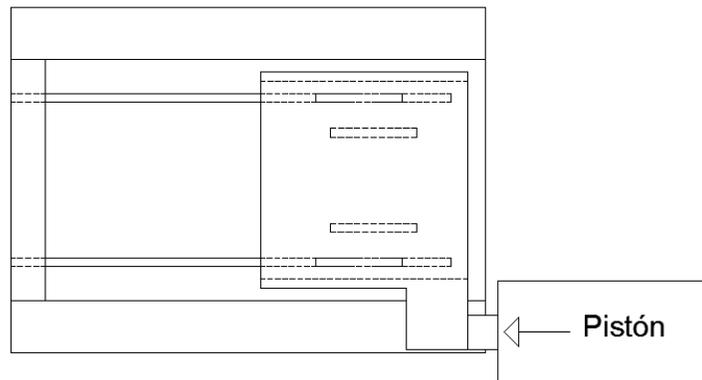


Figura 4.13: Croquis para un sistema con pistón.

Fuente:Elaboración propia

4.3.2.6. Concepto 6

Para este concepto se tiene un sistema de alimentación desde baterías, con un mecanismo de desconexión el eléctrico como el mostrado en la figura 4.10, además el control de los periféricos se realiza con un microprocesador, por otro lado la visualización del computador se realizaría mediante una capturadora. En la figura 4.14 se muestra la selección de funciones para este concepto.

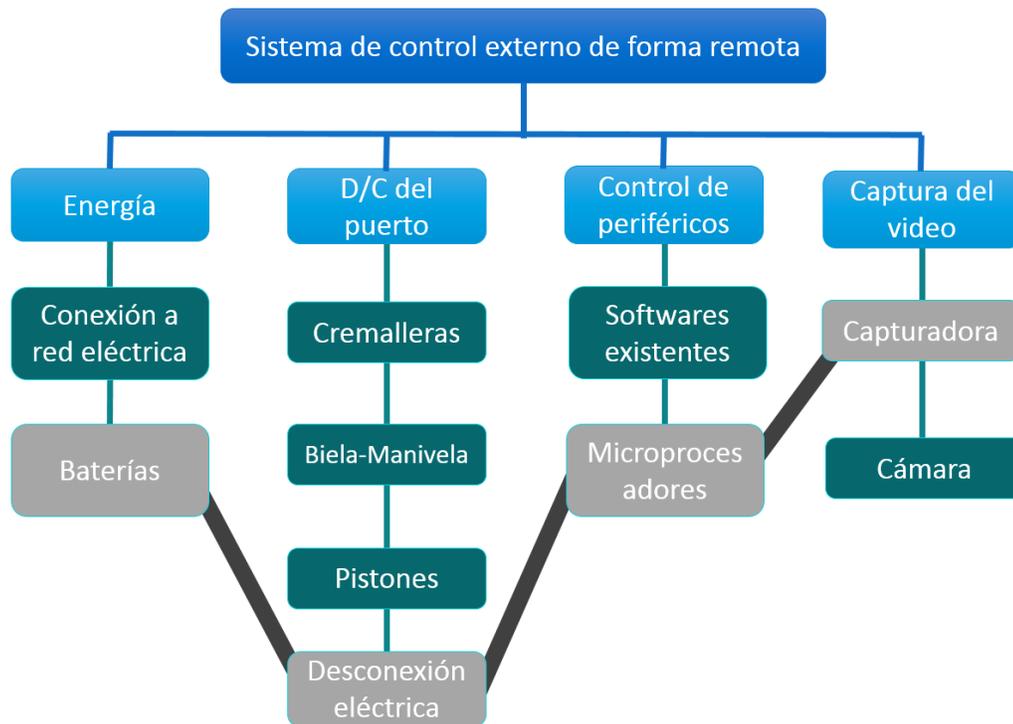


Figura 4.14: Diagrama de funciones del concepto 6.

Fuente:Elaboración propia

4.4. Etapa 4: Selección de conceptos

4.4.1. Criterios de selección de conceptos

Primeramente, a partir de las necesidades se definen una serie de criterios para la evaluación de los conceptos, estos se muestran en la tabla 4.5, en esta tabla también

4.4. Etapa 4: Selección de conceptos

se muestra el peso que se le asigna a cada uno de los criterios, esta distribución de peso se realiza tomando como referencia la importancia relativa de las necesidades que cubre cada criterio. El criterio con mayor peso corresponde al uso de recursos del computador de pruebas, es decir uno de los puntos más importantes para el cliente es que el sistema no consuma recursos del computador bajo prueba o consuma el mínimo posible, el segundo criterio es la confiabilidad del sistema, al tratarse de un sistema que se piensa usar remotamente es necesario que el sistema no falle de forma recurrente tal que requiera la intervención de otros usuarios ya que esto implicaría una pérdida de tiempo muy grande para el usuario.

Tabla 4.5: Definición de criterios según necesidades.

Fuente: Elaboración propia.

#	Necesidad	Criterio	Descripción	Peso
1	7,5	Facilidad de uso	Se refiere a la facilidad del usuario al utilizar el sistema, con un curva de aprendizaje sencilla	15
2	6	Facilidad de instalación	Complejidad que tiene el usuario al implementar por primera vez el sistema	10
3	1	Adaptabilidad	Capacidad del sistema para ser usado con distintos modelos de computadores	10
4	4	Uso de recursos	Referente al consumo de recursos del computador a prueba que requiera la solución	30
5	2,3	Confiabilidad	Capacidad del sistema de realizar sus funciones de forma confiable a lo largo del tiempo	25
6	8	Costo	Que se ajuste al presupuesto	10

4.4.2. Evaluación de conceptos

Una vez definidos los criterios de la tabla 4.5 se procede a evaluar los conceptos según los criterios, se realizaron dos evaluaciones cuyos resultados se muestran en las tablas 4.6 y 4.7, la primera evaluación sirvió para realizar un primer filtrado de conceptos que

4.4. Etapa 4: Selección de conceptos

tuvieran muy mala calificaciones según los criterios, en este caso de la primera evaluación solo 4 conceptos siguen en el proceso de selección, el concepto 5 decae principalmente en el aspecto de costos mientras que el concepto 6 obtiene peor calificación en confiabilidad y uso de recursos, dos de los criterios más importantes según el cliente.

Para la segunda etapa se califican los cuatro conceptos ganadores de la última evaluación, en este caso se hace una evaluación ponderada según el peso de cada uno de los criterios, de esta evaluación se llega a obtener un solo concepto ganador que en este caso corresponde al **concepto 2**, el cual se describió en la sección 4.3.2.2, los conceptos 1 y 5 son los conceptos más cercanos en la evaluación pero se quedaron por detrás en aspectos de costo y uso de recursos.

Tabla 4.6: Evaluación inicial de conceptos.

Fuente: Elaboración propia.

Criterios	Conceptos					
	C1 (REF)	C2	C3	C4	C5	C6
Facilidad de uso	0	0	0	-	0	0
Facilidad de instalación	0	-	0	0	-	0
Adaptabilidad	0	+	0	+	+	0
Uso de recursos	0	+	-	+	0	-
Confiabilidad	0	0	+	-	+	-
Costo	0	+	0	-	-	0
Suma +	0	3	1	2	2	0
Suma 0	6	2	4	1	2	4
Suma -	0	1	1	3	2	2
Evaluación neta	0	2	0	-1	0	-2
Lugar	2	1	2	3	3	4
Continuar	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No

Tabla 4.7: Evaluación final de conceptos.

Fuente: Elaboración propia.

		Conceptos							
		C1		C2		C3		C5	
Criterios	Peso (%)	C	E	C	E	C	E	C	E
Facilidad de uso	15	3	0.45	3	0.45	3	0.45	3	0.45
Facilidad de instalación	10	3	0.3	2	0.2	3	0.3	3	0.3
Adaptabilidad	10	3	0.3	4	0.4	3	0.3	5	0.5
Uso de recursos	30	3	0.9	5	1.5	2	0.6	2	0.6
Confiabilidad	25	3	0.75	3	0.75	3	0.75	4	1
Costo	10	3	0.3	3	0.3	4	0.4	2	0.2
Suma	100 %	3		3.6		2.8		3.05	
Lugar		3		1		4		2	
Continuar		No		Desarrollar		No		No	

4.5. Etapa 5: Pruebas de validación

Las pruebas de validación realizadas se presenta en 2 tipos, simulaciones y corridas de pruebas, a continuación se detallan cada una de las pruebas.

4.5.1. Simulación mecánica del sistema de desconexión

Durante esta prueba se valida que el material escogido (PLA) sea capaz de resistir los esfuerzos provocados por el motor con un factor de seguridad mayor a 2. La simulación es realizada con el programa Autodesk Inventor 2019, para esta simulación se tienen como puntos de sujeción los tornillos en los laterales de la pieza de desconexión y se le aplica el par de torsión que es capaz de provocar el motor y se coloca una fuerza de sujeción que se oponga a la desconexión del sistema. En la figura 4.15 se muestra el planteamiento de la simulación descrita anteriormente.

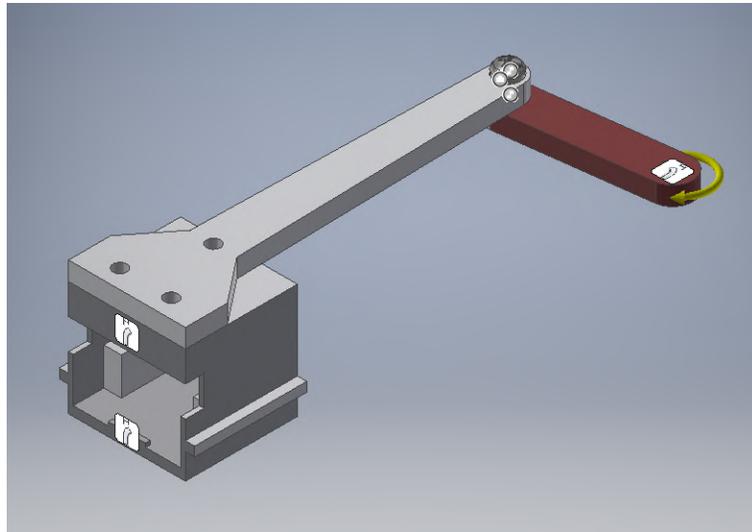


Figura 4.15: Planteamiento de la prueba de simulación mecánica

Fuente:Elaboración propia

4.5.2. Simulación eléctrica del motor y los sensores

La simulación eléctrica se plantea para validar el comportamiento del microprocesador controlando el motor y recibiendo datos de los sensores, esta simulación se lleva a cabo utilizando el software Proteus 8 que permite la simulación del microprocesador raspberry pi. En la figura 4.16 se presenta el planteamiento de esta simulación.

4.5. Etapa 5: Pruebas de validación

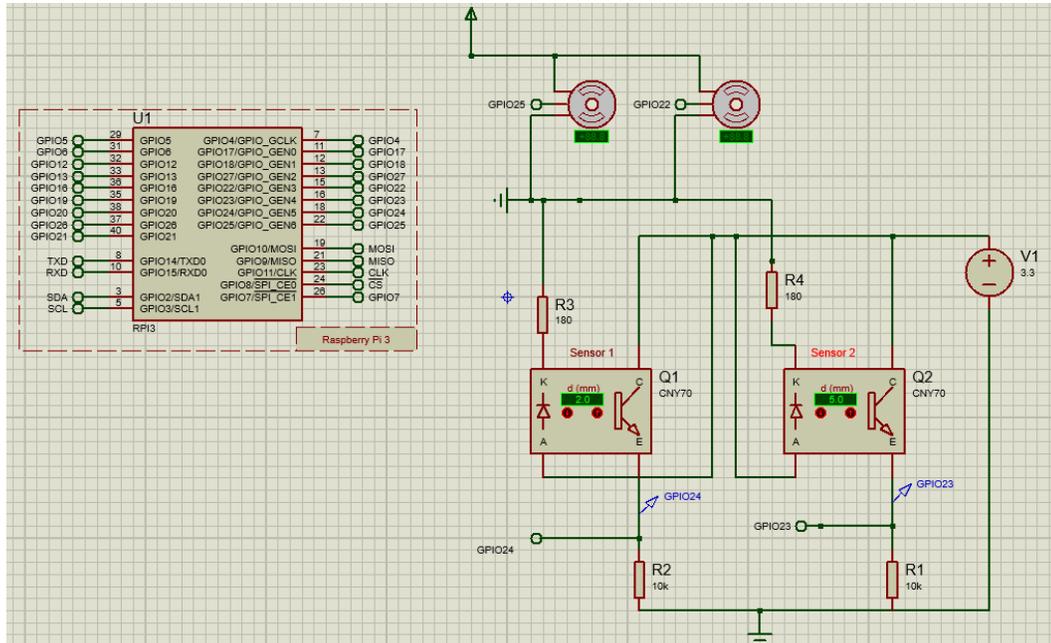


Figura 4.16: Diagrama eléctrico del sistema de conexión y desconexión de puertos.

Fuente: Elaboración Propia

4.5.3. Corrida de prueba para el teclado

Para las corridas de prueba en el teclado, se plantea realizar 20 corridas para cada tecla aceptada para el sistema, es decir con el sistema funcionando en una raspberry pi zero w conectada a un computador que no posea ninguna conexión externa aparte de la raspberry pi se presiona 20 veces cada tecla y se comprueba que dicha tecla se vea escrita en el computador bajo prueba y además se mide la latencia de cada una de las teclas. En las tabla 4.8, 4.9 y 4.10 se muestra la tabla utilizada en las pruebas, por otra parte para probar que se es capaz de escribir un texto complejo y coherente con el teclado se realiza una prueba de funcionalidad, se hizo escritura de 2 distintos textos con 100 palabras cada uno, estos se escriben 5 veces y se anotan la cantidad de caracteres que fallan al escribirse. Los textos utilizados para dichas pruebas se adjuntan en el apéndice B.3.1 Y B.3.2.

4.5. Etapa 5: Pruebas de validación

Tabla 4.8: Pruebas de repetitibilidad para el teclado alfabético

Fuente: Elaboración propia

Tecla	Número de Prueba																				% Aciertos	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
A																						
B																						
C																						
D																						
E																						
F																						
G																						
H																						
I																						
J																						
K																						
L																						
M																						
N																						
O																						
P																						
Q																						
R																						
S																						
T																						
U																						
V																						
W																						
X																						
Y																						
Z																						

4.5. Etapa 5: Pruebas de validación

Tabla 4.9: Pruebas de repetitibilidad para teclas numéricas y caracteres especiales

Fuente: Elaboración propia

Tecla	Número de Prueba																				% Aciertos	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
0																						
>																						
<																						
?																						
:																						
"																						
[
]																						
\																						
-																						
=																						
~																						

4.5. Etapa 5: Pruebas de validación

Tabla 4.10: Pruebas de repetitibilidad para teclas comando

Fuente: Elaboración propia

Tecla	Número de Prueba																				% Aciertos
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
F1																					
F2																					
F3																					
F4																					
F5																					
F6																					
F7																					
F8																					
F9																					
F10																					
F11																					
F12																					
ESC																					
TAB																					
CAPS																					
SHIFT																					
CONTROL																					
ALT																					
WINDOWS																					
UP																					
DOWN																					
LEFT																					
RIGHT																					
INSERT																					
HOME																					
PAGE UP																					
PAGE DOWN																					
DELETE																					
END																					
PRINT																					
SCROLL																					
PAUSE																					
BACKSPACE																					

Tabla 4.11: Prueba de texto al teclado**Fuente:** Elaboración propia

	Errores por prueba					Total de errores
	1	2	3	4	5	
Texto 1						
Texto 2						

4.5.4. Corrida de prueba para el ratón

En el caso del ratón para poder comprobar su funcionalidad se realizan distintas pruebas al movimiento del ratón, se realizan 20 corridas para los movimientos de derecha, izquierda, arriba y abajo, además para se realizan 20 corridas para cada uno de los clics, derecho e izquierdo, para estos se comprueba su correcto funcionamiento en el computador de prueba y además se mide la latencia de respuesta a las acciones del clic derecho e izquierdo. En la tabla 4.12 y 4.13 se muestran las tablas utilizada en las pruebas de repetitibilidad y funcionalidad.

Tabla 4.12: Pruebas de repetitibilidad para el ratón**Fuente:** Elaboración propia

MOVIMIENTO	Número de Prueba																				% Aciertos	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
ARRIBA																						
ABAJO																						
DERECHA																						
IZQUIERDA																						
CLICK DERECHO																						
CLICK IZQUIERDO																						

Tabla 4.13: Prueba de funcionalidad para el ratón

Instrucción	Número de Prueba								% Aciertos
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Abrir word									
Cerrar word									
Abrir explorador de archivos									
Minimizar explorador de archivos									
Seleccionar múltiples archivos									
Copiar archivos									
Pegar archivos									
Suspender el computador									

4.5.5. Corrida de prueba para la desconexión y conexión

En el caso del sistema mecánico para la desconexión además de las simulaciones mecánicas descritas anteriormente se realiza un prototipado del sistema para poder realizar pruebas de funcionamiento, en las figuras 4.17 y 4.18 se muestra imágenes del montaje de la prueba de concepto, esta maqueta es utilizada para poder comprobar que el sistema mecánico efectivamente es capaz de conectar y desconectar el USB del computador, como se aprecia en la figura 4.17 existen dos sistemas de desconexión, uno para el conector tipo USB C y otro para el conector USB tipo B. Con esta maqueta se realiza 20 desconexiones y 20 conexiones del sistema, para cada uno se comprueba la efectividad de la conexión. En la tabla 4.14 se muestra la tabla utilizada para la recolección de datos de las pruebas.

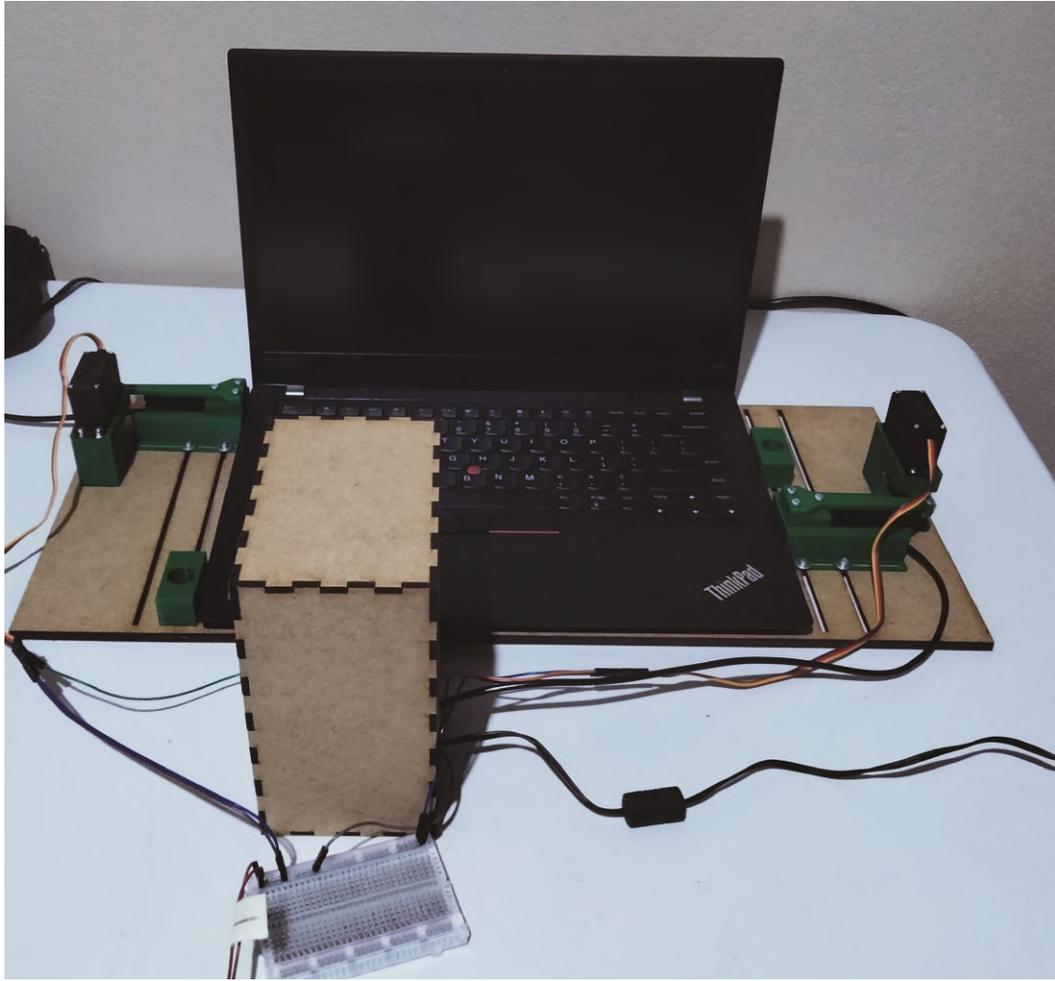


Figura 4.17: Vista 1 de la maqueta para las pruebas de desconexión

Fuente:Elaboración propia

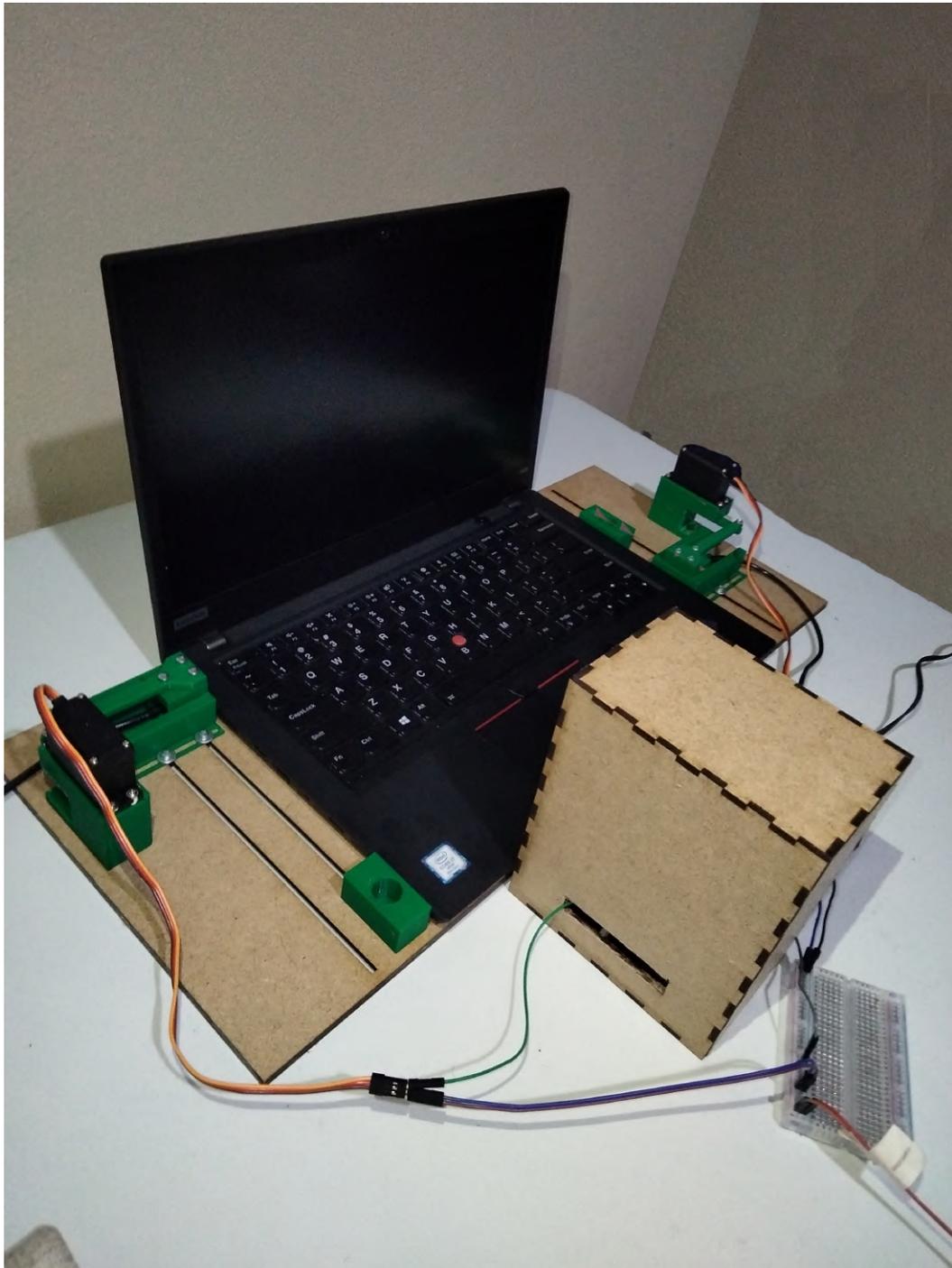


Figura 4.18: Vista 2 de la maqueta para las pruebas de desconexión

Fuente:Elaboración propia

Tabla 4.14: Pruebas de funcionalidad para el sistema mecánico de desconexión

Fuente: Elaboración propia

Motor	Move	Número de Prueba																				% Aciertos
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Conexión																					
	Desconexión																					
2	Conexión																					
	Desconexión																					

4.5.6. Corrida de prueba al sistema de autenticación

En el caso de la autenticación se comprueba para 5 usuarios que se encuentren en la base tanto usuario como contraseña, cuando se ejecuta esta prueba se hace sobre la mismas corrida es decir, con el sistema funcionando se accede con un usuario, este luego cierra sesión y luego el segundo usuario entra, así sucesivamente con los 5 usuarios, esto con la finalidad de comprobar que al cambiar de usuario el sistema no guarda datos anteriores que puedan provocar un error de autenticación , para 5 usuarios en las que el usuario se encuentre en el sistema pero digite la contraseña mal y por último para 5 usuarios que su usuario no se encuentre en la base de datos de esta forma se valida la respuesta de la interfaz de acceso a distintas posibilidades, en la tabla 4.15 se muestra la tabla utilizada para estas pruebas.

Capítulo 5: Propuesta de diseño

En el presente capítulo se detalla la propuesta de diseño ganadora, producto de la metodología ejecutada como se muestra en el capítulo 4, en este apartado se detallan temas como la selección de materiales y dispositivos necesarios para el desarrollo de la propuesta de diseño.

5.1. Selección del microprocesador

Para la selección del microprocesador de los requerimientos se tiene que debe ser capaz de conectarse a internet, tener soporte para el uso de puertos USB-OTG y que tenga un bajo costo. En la tabla 5.1 se observa las características de 4 microprocesadores de distintas gamas, además en la tabla 5.2 se muestra una comparativa cuantitativa, las 4 opciones analizadas poseen soporte para USB-OTG, pero el modelo 4 de raspberry brinda mayor posibilidad para la conexión de periféricos y conexión a red, pero para la propuesta de solución no representa una ventaja como tal, ya que se desea la mínima conexión posible entre el microprocesador y el computador, la raspberry pi zero representa un alternativa más barata que la versión 4 y cuenta de igual forma con soporte para USB-OTG, el problema de la versión Zero es su falta de conexión a internet, ya que la comunicación con este dispositivo solo se podría mediante cableado lo cual implicaría requerir otro dispositivo que sea capaz de comunicarse a internet en us lugar, por otra parte la Raspberry Pi Zero W ya posee comunicación directa a la red con un módulo de wifi, similar a la Zero W el microprocesador BeagleBone posee

5.1. Selección del microprocesador

Tabla 5.1: Comparativa de distintas características para microprocesadores.

Fuente: Elaboración propia

Criterio	Modelos			
	Raspberry pi 4 model B	Beagle Bone Black Wireless	Raspberry pi zero W	Raspberry pi zero
Costo	70 \$	100\$	30 \$	15 \$
USB Gadget mode	Sí	Sí	Sí	Sí
Cantidad de puertos	4 USB	1 Micro-usb	2 Micro-usb	2 Micro-usb
Conexión a internet	Ethernet	Inalámbrico	Inalámbrico	Sin conexión
Dimensiones (mm)	100 x 70 x 30	120 x 76 x 18	66 x 31 x 5	66 x 31 x 5
Disponibilidad	Sí	No	Sí	Sí

Tabla 5.2: Comparativa por peso de distintos modelos de microprocesadores.

Fuente: Elaboración propia

Criterio	Peso (%)	Modelos							
		Raspberry pi 4 model B		Beagle Bone Black Wireless		Raspberry pi zero W		Raspberry pizero	
		C	E	C	E	C	E	C	E
Costo	15	2	0.3	2	0.3	3	0.45	4	0.6
Conexión a internet	35	4	1.4	4	1.4	4	1.4	2	0.7
Dimensiones	35	2	0.7	3	1.05	3	1.05	3	1.05
Disponibilidad	15	3	0.45	2	0.3	4	0.6	3	0.45
Total	100		2.85		3.05		3.5		2.8

módulo de wifi, pero este tiene la desventaja de tener un mayor costo ya que incluye almacenamiento interno propio, además existe poca disponibilidad de estos modelos en el país. En temas de tamaño el modelo Zero W también resulta ser el más pequeño de las opciones, lo cual se busca para un diseño más compacto. Por lo tanto luego de la comparación descrita anteriormente se concluye que la opción que mejor cumple con los requerimientos es el dispositivo de Raspberry Pi Zero W, este dispositivo tiene además un tamaño bastante pequeño a otras versiones de Raspberry pi y esto ayuda a que el diseño pueda ser compacto. En la figura 5.1 se muestra el dispositivo seleccionado. Cabe destacar que el nivel de umbral para los pines GPIO de la raspberry pi zero W es de 1.8 V aproximadamente, valores por debajo de dicho voltaje se consideran un 0 lógico y por encima de este un 1 lógico.

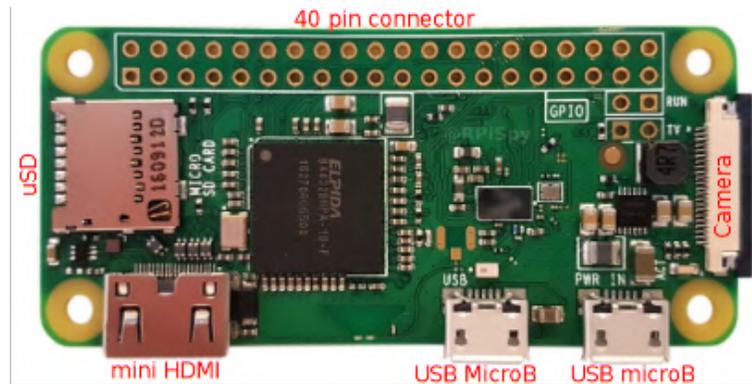


Figura 5.1: Modelo Raspberry pi zero W seleccionado.

Fuente:[29]

5.2. Diseño del sistema mecánico para la desconexión y la conexión

5.2.1. Dimensionamiento del sistema

Se tomaron en consideraciones la mesa donde trabajan los ingenieros al probar las computadoras portátiles, esta corresponde a un escritorio de 2.5 metros de largo x 1 metro de ancho, por lo tanto las restricciones de tamaño no resultan un problema, en contraste la única limitación que se tiene en el tamaño es en el ancho del sistema ya que por lo general en la mesa se colocan varios computadores portátiles lado a lado por lo tanto un sistema demasiado ancho afectaría a la cantidad de portátiles que se pueden tener colocadas la mesa de pruebas, tomando en cuenta lo anterior se plantean unas limitaciones a las dimensiones del sistema tal que no sobrepase un tamaño de 250x250 mm y una altura de 100 mm máximos.

5.2. Diseño del sistema mecánico para la desconexión y la conexión

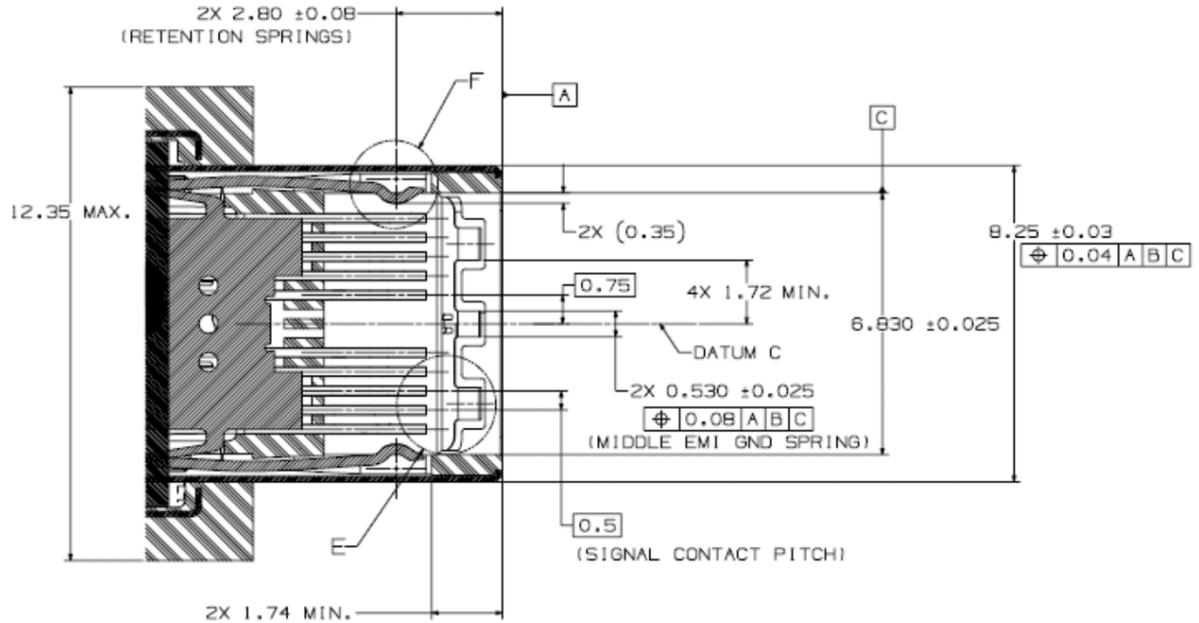


Figura 5.2: Dimensiones estándar del puerto USB tipo C.

Fuente:[20]

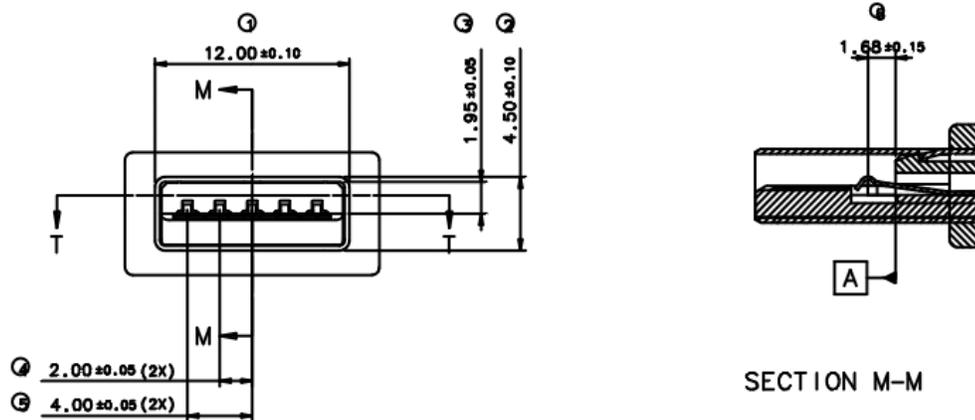


Figura 5.3: Dimensiones estándar del puerto USB tipo A.

Fuente: [21]

Además para el diseño se toman en cuenta las dimensiones de las laptops con las que se va trabajar, de tal forma que el sistema de conexión coincida en altura con el puerto del computador, además se tomaron en cuenta las dimensiones un USB-C estándar y las de USB-Type A, estas dimensiones se muestra en la figura 5.2 y 5.3, las

dimensiones de los conectores USB solo se encuentran estandarizados para sus puertos y no el encapsulado, ya que según la manufacturadora los cables USB tipo A y C presenta dimensiones diferentes en sus encapsulados, por lo tanto se decide diseñar para algunos encapsulados en específico, las dimensiones de los encapsulados para los que se desarrolla el proyecto estas dimensiones muestran 5.4 y 5.5

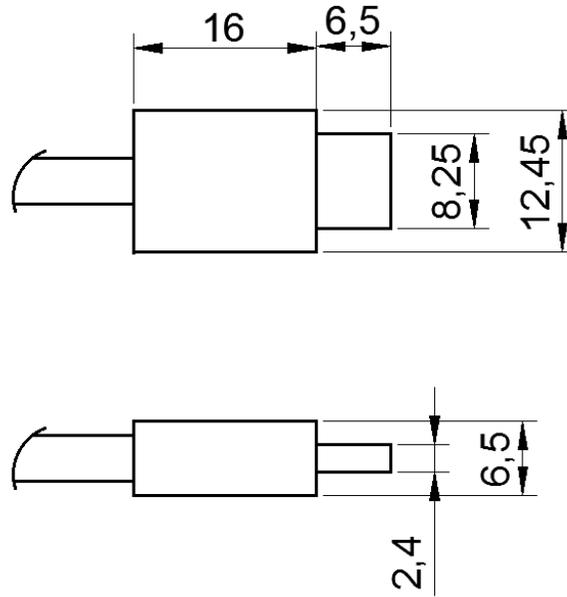


Figura 5.4: Dimensiones (en mm) del conector USB A utilizado para el diseño.

Fuente:Elaboración propia

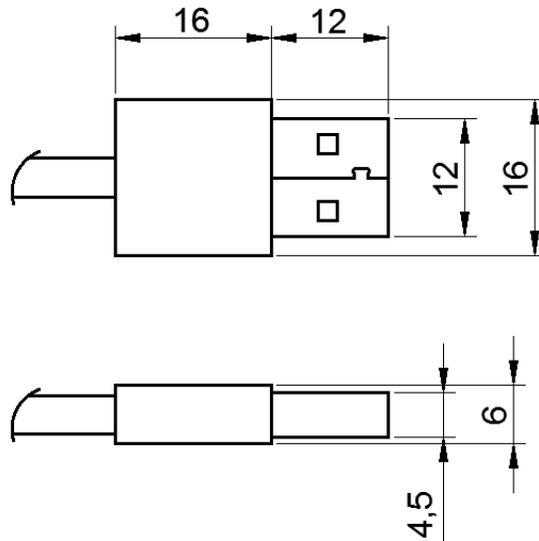


Figura 5.5: Dimensiones (en mm) del conector USB C utilizado para el diseño.

Fuente:Elaboración propia

Tabla 5.3: Características de algunos tipos de motores.

Fuente: Elaboración propia

Característica	Miniature Motor DC	Servomotor MG90	Motor a Pasos ROB-09238	Motor MG996
Costo	3 \$	6\$	24 \$	15 \$
Características	<p>No se puede controlar su posición, solo su tiempo activo. Rotación continua.</p> <p>Modelos pequeños que funcionan de 3 – 6V</p> <p>Torque 25 g-cm</p> <p>Dimensiones: 28x20x15 mm</p>	<p>Control de su posición.</p> <p>Requiere de una señal de control.</p> <p>Rango de 180 grados.</p> <p>4.5V - 7 V</p> <p>Torque: 2 kg-cm</p> <p>Dimensiones: 24x12x32 mm</p>	<p>Requiere un sistema de control complejo.</p> <p>Buena precisión en la posición.</p> <p>Mayores torques</p> <p>Suelen requerir 12 V o más.</p> <p>Torque : 2.5 kg - cm</p> <p>Dimensiones: 42x42x58 mm</p>	<p>Control sencillo</p> <p>Control posición en 180 grados</p> <p>4.5 V - 7.2V</p> <p>Torque : 10 kg-cm</p> <p>Dimensiones: 40.7 x 19.7 x 42.9mm</p>

Tabla 5.4: Comparativa por peso de distintos motores.**Fuente:** Elaboración propia

Criterio	Peso(%)	Motores							
		Miniature motor DC		Servomotor MG90		Motor ROB-09238		Servomotor MG996	
		C	E	C	E	C	E	C	E
Costo	15	5	0.75	3	0.45	2	0.3	3	0.45
Torque	35	2	0.7	3	1.05	3	1.05	5	1.75
Dimensiones	30	3	0.9	4	1.2	2	0.6	3	0.9
Alimentación	10	2	0.2	4	0.4	2	0.2	4	0.4
Disponibilidad	10	4	0.4	4	0.4	4	0.4	4	0.4
Total	100		2.95		3.5		2.55		3.9

5.2.2. Selección del motor

Para la selección del motor que opera el sistema electromecánico de desconexión se tomó en cuenta características de tamaño y par mecánico del motor, en la tabla 5.3 se muestra características para 3 tipos de motores distintos y en la tabla 5.4 se muestra una comparativa de pesos según características que justifica la selección del motor. Después del análisis de estas características se decide escoger el servomotor MG996 para la propuesta de solución, ya que en términos de torque es comparable con el modelo de motor a pasos y tiene un costo mucho menor, además el servomotor es capaz de funcionar a una tensión de 5V por lo que es posible utilizarlo junto al microprocesador raspberry pi zero W sin necesidad de una interfaz de potencia. En el caso del motor DC a pesar de ser una opción más barata este no es apto para controlar movimiento fijos, con posiciones controladas por lo que se descarta, además de tener un torque muy bajo en comparación al resto de motores. En la figura 5.6 se presenta el servomotor escogido para el sistema son sus respectivas dimensiones.

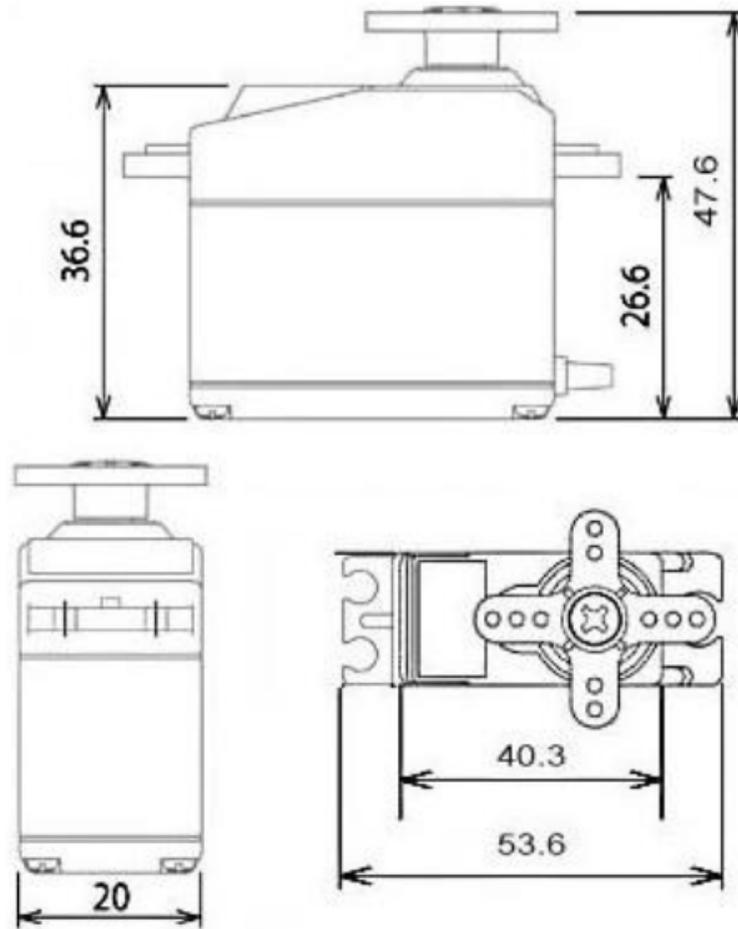


Figura 5.6: Dimensiones del motor MG996, en mm.

Fuente:[30]

Uno de los aspectos más importante en la selección del motor es el torque que puede generar, una ves escogido el motor MG996 se procede a realizar un cálculo que permita verificar la fuerza generada por el motor en el sistema mecánico, en la figura 5.7 se muestra el diagrama de cuerpo libre donde se aplicar el torque del motor, además en la ecuación 5.2.2 se muestra el cálculo de la fuerza resultante en el eje de acción de la segunda palanca.

$$T = F * d$$

$$F = \frac{1Nm}{31.5mm}$$

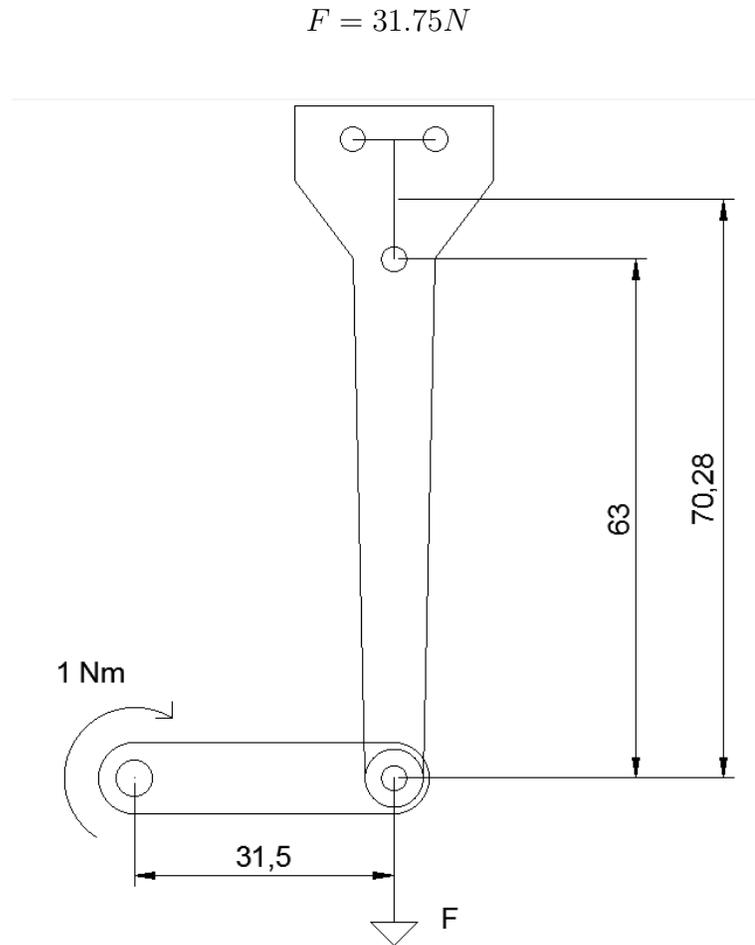


Figura 5.7: Diagrama de fuerzas aplicadas por el motor, dimensiones en mm.

Fuente:Elaboración propia

5.3. Selección del material

Debido a que el diseño generado en este proyecto corresponde a primeras versiones de un sistema se decide utilizar impresión 3D para el manufacturado de las piezas, en la impresión 3D existen muchos materiales con los que se puede fabricar según la funcionalidad que se requiera del sistema, por lo tanto en la tabla 5.5 se realiza un resumen de características de cada material y en la tabla 5.6 se realiza un comparativa cuantitativa de dichas características, PLA y ABS resultan ser las opciones más económicas pero poseen una mala resistencia al calor y soy muy susceptibles al desgaste, el PLA presenta

Tabla 5.5: Comparativa de materiales para la impresión 3D.**Fuente:** Elaboración propia

	Materiales			
	ABS	PLA	PETG	Nylon
Ventajas	Bajo costo. Resistencia al impacto y desgaste. Suave acabado. Buena resistencia al calor	Facilidad de impresión. Buena calidad visual Bajo costo Buena rigidez	Buena adherencia Buena resistencia químicamente Buena resistencia al impacto	Gran resistencia a la tensión Flexible Alta resistencia al calor Alta resistencia a la fatiga.
Desventajas	Tendencia a deformarse con el tiempo. Mala precisión dimensional	Baja resistencia al calor Frágil. Mala longevidad	Mala precisión dimensional. Requiere procesos extras para un buen acabado. Costo medio	Alto costo No apto para lugares húmedos.

una mayor rigidez y una calidad visual mayor sobre el ABS, por otra parte el PETG posee características de mayor calidad, con buena resistencia al impacto pero requiere de procesos extra para dar acabados finales, en términos de costo representa un opción de rango medio. Por último el Nylon es un material de mucho mayor calidad, otorgando grandes resistencias a la tensión y da la capacidad de piezas flexibles, además ofrece mayor resistencia al desgaste pero su precio suele ser mucho más alto que las otras 3 opciones presentadas. Según lo anterior descrito se decide utilizar el material PLA para la fabricación de las piezas del prototipo, se concluye que este material representa el mejor balance entre precio y características físicas suficientes para el diseño del sistema mecánico.

Tabla 5.6: Comparativa por pesos de distintos materiales.**Fuente:** Elaboración propia

Criterio	Peso (%)	Materiales							
		ABS		PLA		PETG		Nylon	
		C	E	C	E	C	E	C	E
Costo	15	3	0.45	3	0.45	2	0.3	2	0.3
Resistencia	30	2	0.6	3	0.9	4	1.2	4	1.2
Acabado	20	3	0.6	3	0.6	4	0.8	4	0.8
Complejidad de impresión	20	3	0.6	3	0.6	2	0.4	2	0.4
Disponibilidad	15	4	0.6	4	0.6	2	0.3	2	0.3
Total	100		2.85		3.15		3		3

5.4. Selección de la cámara y los sensores

La mayoría de microprocesadores poseen un puerto dedicado para un sensor de vídeo, por lo tanto se decide utilizar para la obtención de la imagen un módulo de cámara para las Raspberry Pi Zero de 5 MP, ya que al microprocesador elegido no posee soporte para una cámara web con conexión directa, exceptuando el puerto micro usb con el que se controla el sistema, el cual está ocupado conectado al computador portátil. El módulo para el microprocesador resulta adecuado además al tener dimensiones pequeñas, 25mm x 20mm x 9mm, esto ayuda a que el diseño del sistema pueda ser compacto y cumpla con las dimensiones planteadas en la sección de dimensionamiento.

Tabla 5.7: Comparativa de características de algunos sensores para la detección de presencia.

Fuente: Elaboración propia

Criterio	Sensores		
	TCRT5000L	CNY 70	VCNL4010
Costo	2 \$	2 \$	10 \$
Rango de operación	0.2 mm to 15 mm	0 mm to 5 mm	1 to 200 mm
Tipos de superficies	Reflectivas	Cualquiera	Cualquiera
Dimensiones	10.2 x 5.8 x 7 mm	7x7x6 mm	3.95 x 3.95 x 0.7 mm

Tabla 5.8: Comparativa por pesos de distintos sensores de proximidad.

Fuente: Elaboración propia

Criterio	Peso	Sensores					
		TCRT5000L		CNY 70		VCNL 4010	
		C	E	C	E	C	E
Costo	20	3	0.6	3	0.6	2	0.4
Rango de operación	30	2	0.6	2	0.6	3	0.9
Cantidad de superficies	20	2	0.4	3	0.6	3	0.6
Dimensiones	20	3	0.6	3	0.6	3	0.6
Disponibilidad	10	3	0.3	4	0.4	2	0.2
Total	100		2.5		2.8		2.7

En el caso de los sensores se realiza una comparativa entre 3 opciones de sensores que se tenían disponibles, estos se muestran en la tabla 5.7 y en la tabla 5.8, de esta tabla observamos que en cuanto a precio el VCNL4010 corresponde a la opción más cara pero también el que posee un menor tamaño, así como un rango de medición más alto, el CNY 70 posee el rango de medición más bajo, pero considerando las dimensiones planteadas para el sistema un rango de medición de corta distancia no representaría un problema, por último a pesar que el CNY70 y el TCRT5000L presentan muchas similitudes el 5000L tiene la característica que requiere de materiales reflexivos para

su correcto funcionamiento, por lo tanto considerando la selección de material hecha anteriormente se concluye que el CNY 70 [31], resulta la mejor opción para el sistema.

5.5. Dimensionamiento del soporte para la cámara

La cámara que se utiliza corresponde a un módulo de cámara genérico para raspberry pi zero W como se explica en la sección anterior, esta cámara limita el diseño del soporte ya que el cable de conexión posee una longitud estándar de 15 cm, por lo tanto la longitud del soporte debe ser de una altura máxima de 15 cm. Haciendo provecho de la longitud del cable USB que conecta la raspberry con el computador, se plantea realizar una base que encapsule la raspberry pi y funcione como soporte para la cámara. Los planos mecánicos de la raspberry pi zero W y el módulo de cámara se muestran en los anexos A.1 y A.2

5.6. Desarrollo de la interfaz

Se desarrolla una interfaz web que le permite al usuario interactuar con el sistema y permite recolectar la información del ratón y el teclado. Se utiliza programación HTML y CSS para el estructurado y el estilizado de la página web, en el caso de la lógica programada del sistema se utiliza Javascript. En la figura 5.8, 5.9 y 5.10 se muestran las 3 interfaces creadas para el sistema.

5.6.1. Interfaz de acceso

Esta interfaz recibe al usuario al entrar al sistema en este apartada se solicita un usuario y una contraseña para poder acceder al sistema. En caso que el usuario se encuentre en la base de datos del sistema el usuario es capaz ingresar, de lo contrario se activa un mensaje que le indica al ingeniero que aún no cuenta con los permisos necesarios para utilizar este sistema. En la figura 5.8 se muestra la interfaz para la

sección de acceso, esta posee dos espacios para que el usuario pueda ingresar su usuario y su contraseña, en la parte inferior se encuentra un botón para que el usuario una vez escrito sus credenciales acceda al sistema, este botón se llama “login”, por último debajo del botón aparece un mensaje de error en caso que la credenciales no sean correctas o el usuario no tenga permisos.

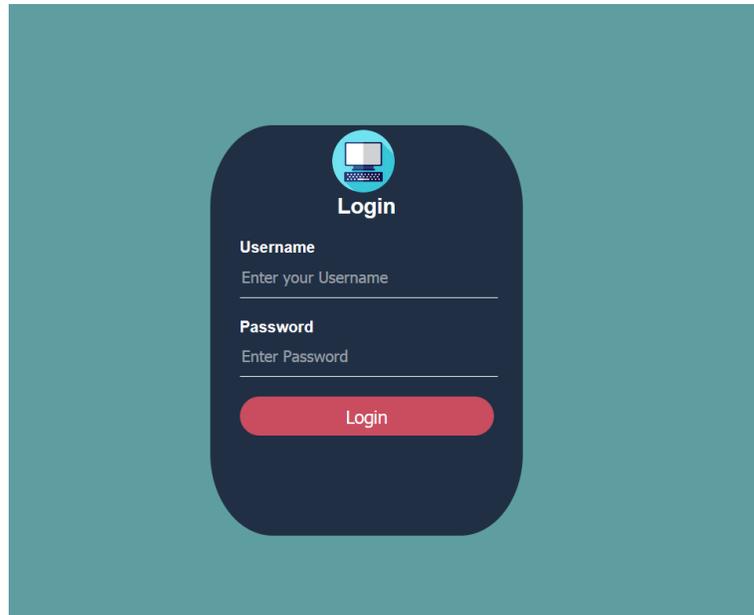


Figura 5.8: Interfaz de acceso.

Fuente:Elaboración propia

5.6.2. Interfaz de control de ratón y teclado

Esta interfaz es donde ocurre la captura y el envío de señales de mouse y teclado, además se muestra al usuario el vídeo capturado por la cámara, además se muestra un botón llamado “manage connections” que permite acceder al control de los motores que realizan la desconexión y conexión de los puertos USB. En la figura 5.9 se muestra una captura de la interfaz en funcionamiento. El teclado en pantalla que se muestra en el lado inferior izquierdo permite que el usuario envíe señales de teclado a través de él en caso que así lo desee el usuario, aunque el sistema también captura la entrada del teclado propio del computador.

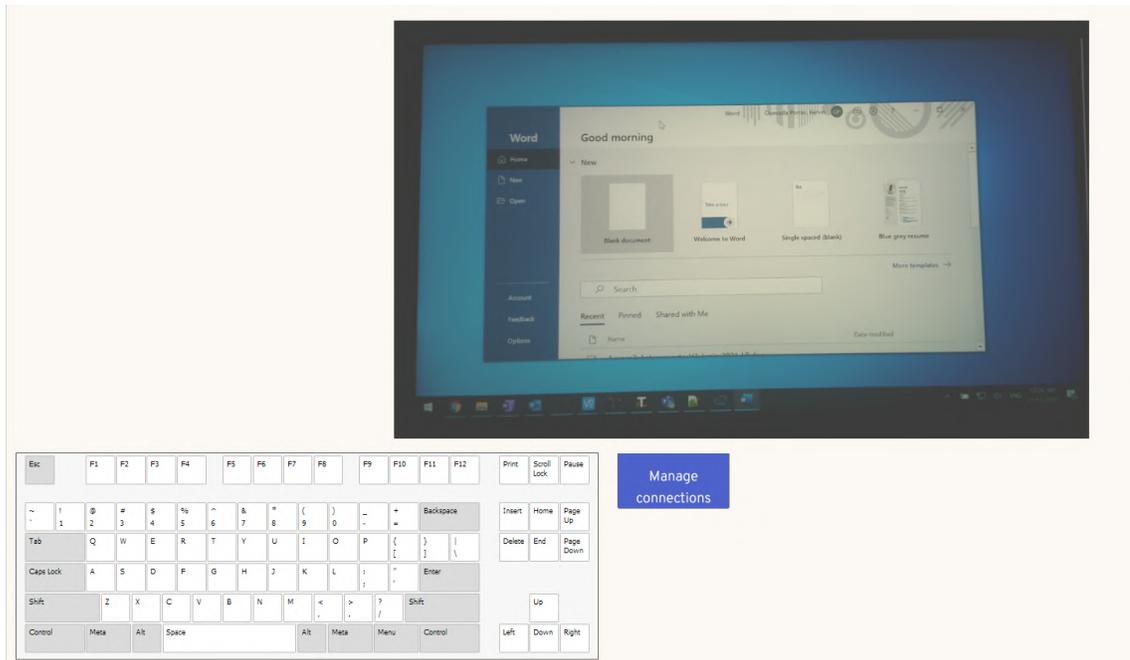


Figura 5.9: Interfaz de control de periféricos.

Fuente:Elaboración propia

5.6.3. Interfaz control de los motores

En esta interfaz se tiene una serie de controles a través de botones que permite realizar la conexión y desconexión de los motores, además de un botón para dejar que el usuario vuelva a la interfaz de control. En la figura 5.10 se muestra dicha interfaz, los primeros dos botones controlan la conexión y desconexión del conector de alimentación mientras que los botones inferiores controlan la conexión y desconexión USB de la raspberry pi hacia el computador, el estado de la conexión se muestra mediante los dos círculos de estatus, verde se refiere a que el sistema se encuentra conectado y rojo que se ha desconectado correctamente.

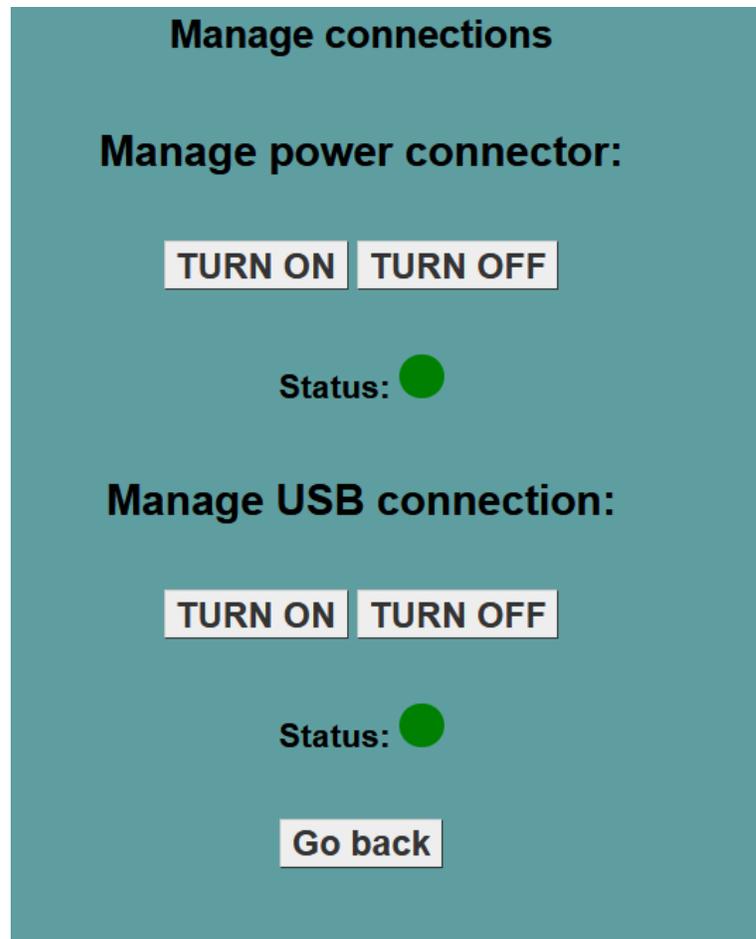


Figura 5.10: Interfaz de manejo de conexiones.

Fuente:Elaboración propia

5.7. Circuito eléctrico

La conexión eléctrica del sistema se conforma por:

- Raspberry pi GPIO pines
- Sensores CNY 70
- Servomotor MG996
- 2 resistencias de 180Ω

- 2 resistencias de 10 k Ω

En la figura 5.11 se presenta un esquemático de las conexiones eléctricas realizadas. La selección de las resistencias se dió tomando en cuenta la corriente máxima que permite el sensor que pase por el led, en este caso dicho valor es de 20mA. En la ecuación 5.1 se muestra el cálculo de la resistencia para el led, asumiendo una caída de voltaje de 1.25V en el diodo emisor según la hoja de datos del sensor.

$$R = V/I \tag{5.1}$$

$$R = \frac{5V - 1.25V}{20mA} = 187.5\Omega$$

Según el resultado de la ecuación 5.1 y aproximando a un valor comercial se selecciona una resistencia de 180 Ω . En el caso de la segunda resistencia esta debe ser lo suficientemente grande para controlar la corriente que llega al microprocesador, basado en las recomendaciones de la hoja de datos se escoge una resistencia de 10k Ω tal que la corriente de entrada sea 0.375 mA, este cálculo se muestra en la ecuación 5.2

$$I = \frac{5V - 1.25V}{10k\Omega} = 0.375mA \tag{5.2}$$

Como se muestra en la figura 5.11 se utilizan distintas fuentes de alimentación, ya que para los sensores es necesario que dicha alimentación sea de 3.3V para que la señal que llega al microprocesador sea de un rango entre 0V y 3.3V, esto ya el un valor mayor a este dañaría la raspberry pi zero W.

5.8. Propuesta final completa

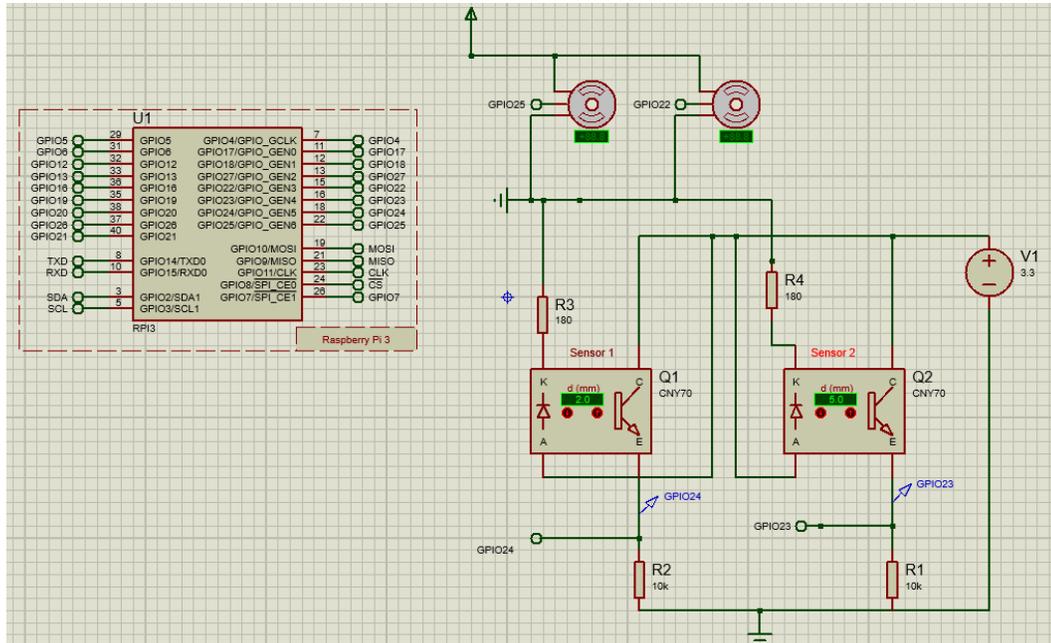


Figura 5.11: Diagrama eléctrico del sistema de conexión y desconexión de puertos.

Fuente: Elaboración Propia

5.8. Propuesta final completa

En las figuras 5.12 y 5.13 se muestra todo el conjunto del sistema con los elementos mecánicos y eléctricos, compuesto por:

- Base del sistema desconexión - Color azul, figura 5.15.
- Palanca 1 - Color verde, figura 5.16
- Palanca 2 - Color naranja, 5.17
- Sensor infrarrojo - Color amarillo
- Base para el conector - Color rojo, figura 5.18
- Soporte de la cámara y raspberry - Color marrón, figura 5.19
- Base para el sistema - Color gris
- Computador - Color morado

5.8. Propuesta final completa

- Soportes - Color rosa.
- Servomotor - Color negro

Para la pieza denominada base para el conector existen dos tipos que se diferencia de la distancia interna de los soportes, esto para que el sistema sea capaz de trabajar con USB C (13.5 mm de ancho) y USB A (15.5 mm de ancho).

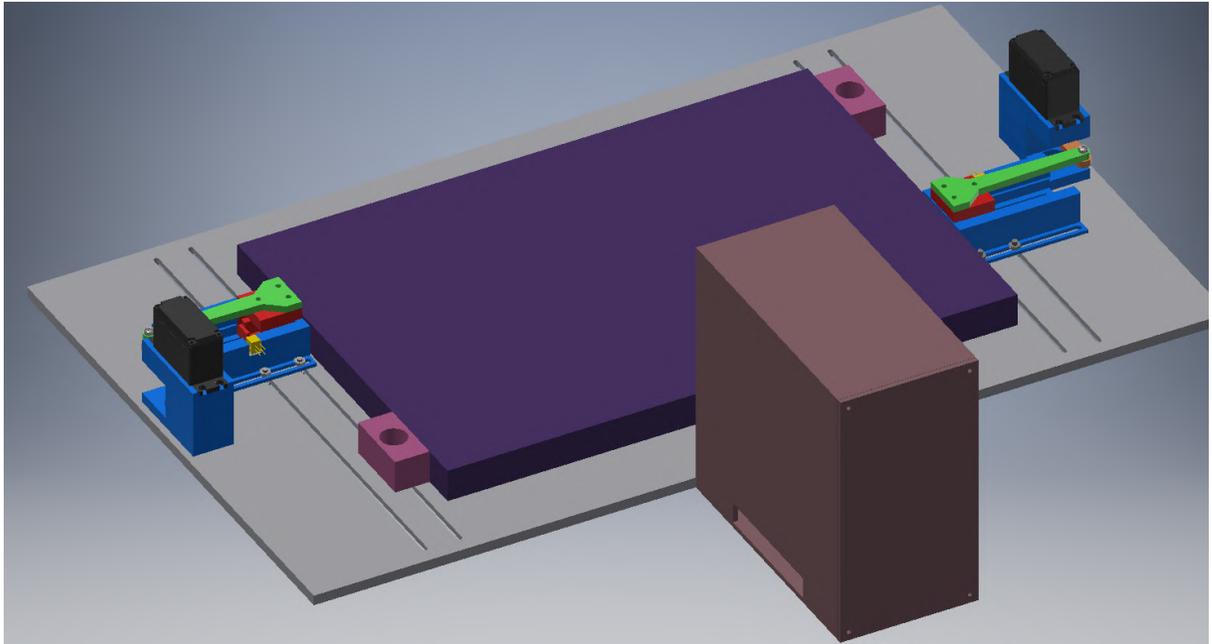


Figura 5.12: Vista 1 del ensamblaje de todo el sistema

Fuente: Elaboración Propia

El sistema de desconexión es montado sobre una plataforma hecha para poder aportar soporte y estabilidad al movimiento del motor, en la figura 5.12 la base gris posee 4 ranuras que permiten que el usuario pueda ajustar para distintas dimensiones de computadores en un rango de 258mm a 340 mm de largo y 280mm a 310 mm de ancho, las ranuras permiten el movimiento del sistema de desconexión en 2 dimensiones para poder configurar el sistema según sea la posición de los puertos USB en el computador. Se plantean pequeños soportes que se colocan en el lado opuesto al sistema de desconexión para evitar que todo el computador se mueva cuando el sistema realiza la

5.8. Propuesta final completa

conexión, estos soportes son colocados y asegurados utilizando tornillos en cualquiera de las ranuras de la base.

Todos las uniones del sistema se realizan de forma atornillada y tuerca, se utilizan tornillos M3.

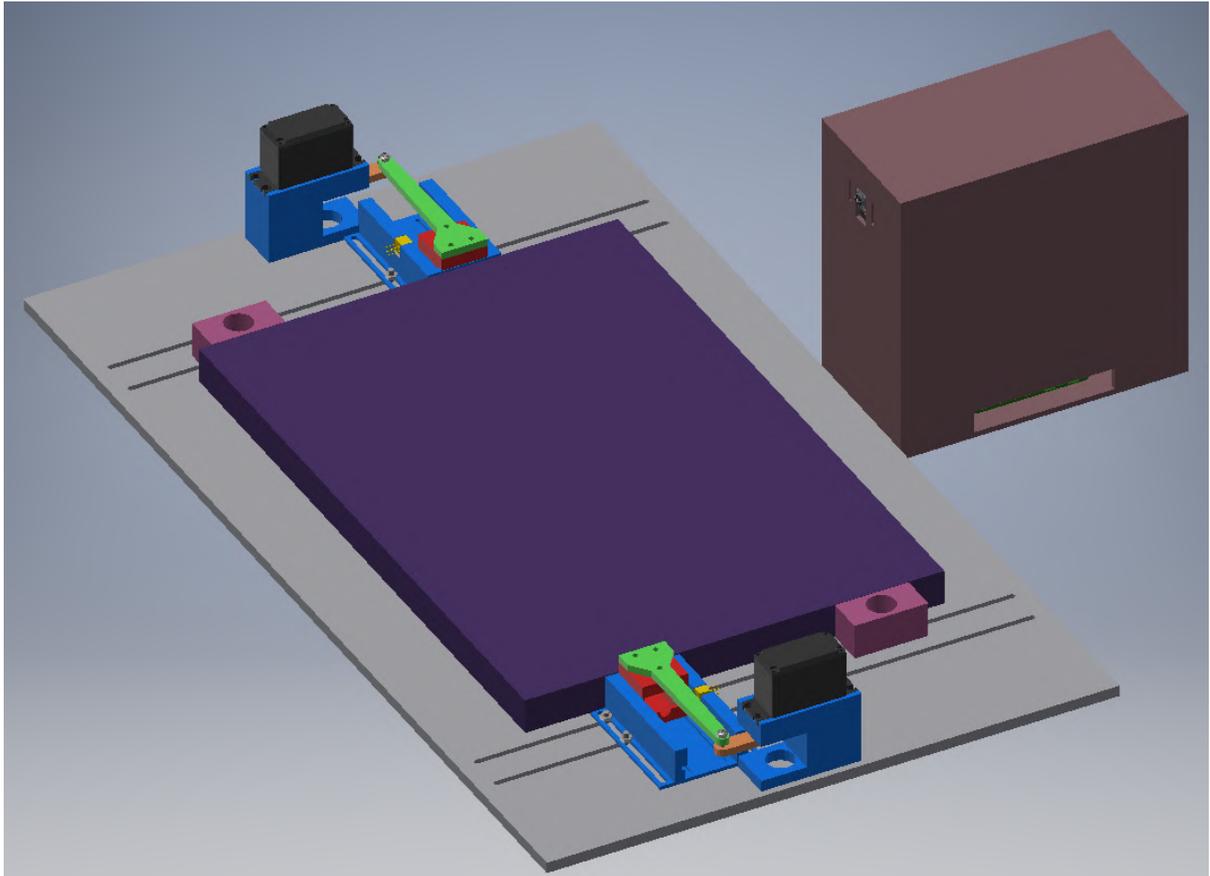


Figura 5.13: Vista 2 del ensamblaje de todo el sistema

Fuente: Elaboración Propia

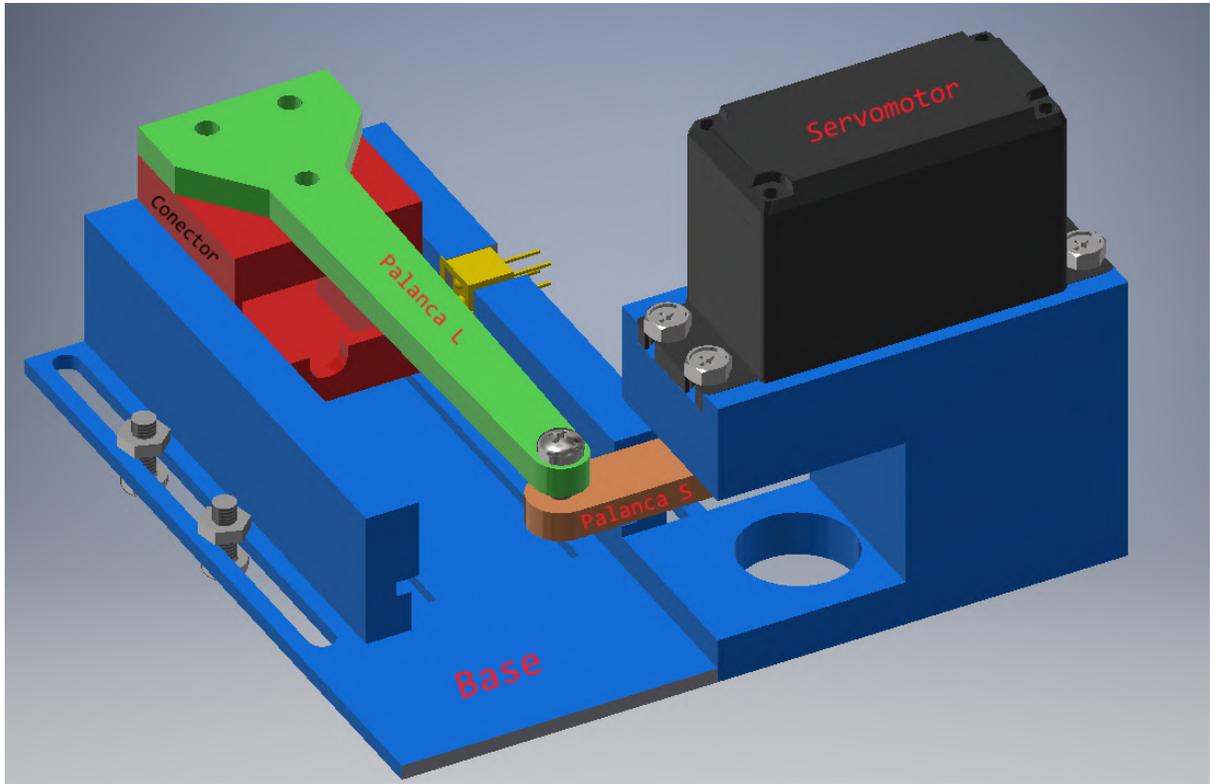


Figura 5.14: Sistema de desconexión completo

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 5.14 se muestra el sistema de desconexión armado junto con el servomotor, este sistema funciona tal que el servomotor realiza el movimiento rotacional, este mueve la palanca S, esta se encuentra unida por un tornillo a la palanca L tal que al rotar la palanca S la palanca L se mueve sobre la base, el conector (de color rojo) está montado sobre pequeños rieles tanto en la parte inferior como en sus laterales estos restringe el movimiento del conector tal que solo se pueda mover hacia atrás o hacia adelante según sea el desplazamiento de la palanca L. Todo el sistema mecánico se encuentra ajustado con tornillos a la plataforma gris que se muestra en la figura 5.12

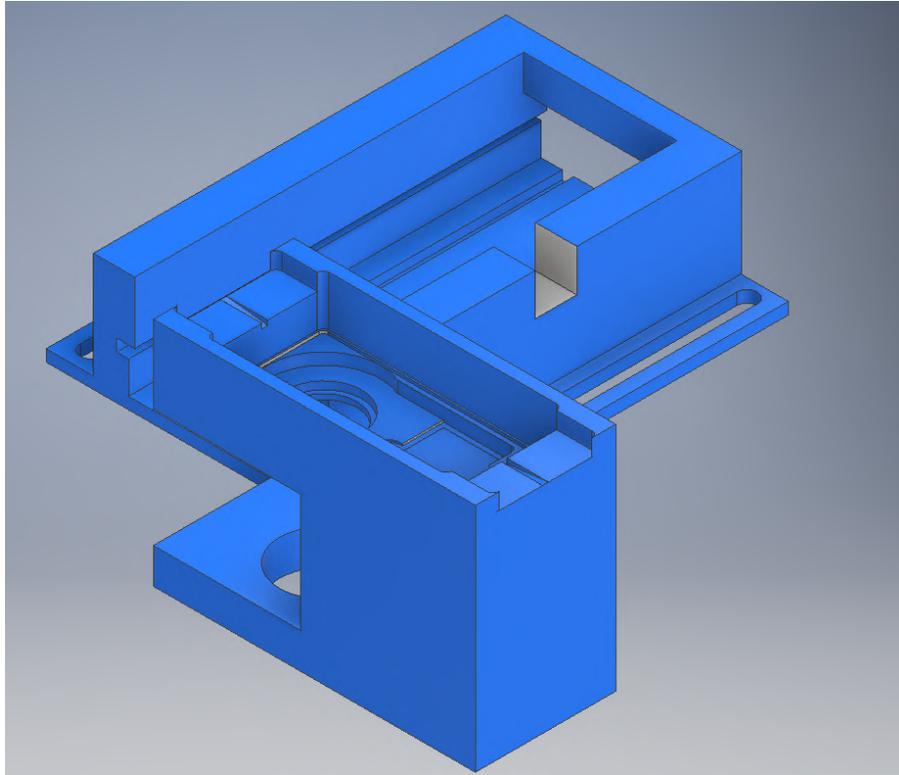


Figura 5.15: Base del sistema de desconexión

Fuente: Elaboración Propia

La base posee un grosor de 6 mm y posee una pequeña cavidad alrededor de las ranuras para que la base pueda ser colocada completamente plana en una superficie y las cabezas de los tornillos o las tuercas no provoquen un desbalance. Por otra lado el soporte de la cámara se deja colocar con libertad en el sistema, debido a que según distintos modelos de computadores el usuario deberá ajustar la cámara tal que se pueda observar de manera correcta el monitor del computador, la base le permite al usuario ajustar la cámara en 2 direcciones, esto debido a que el espacio para colocar el módulo de la cámara se diseña con ranuras verticales que permite ajustar levemente la altura de la cámara.

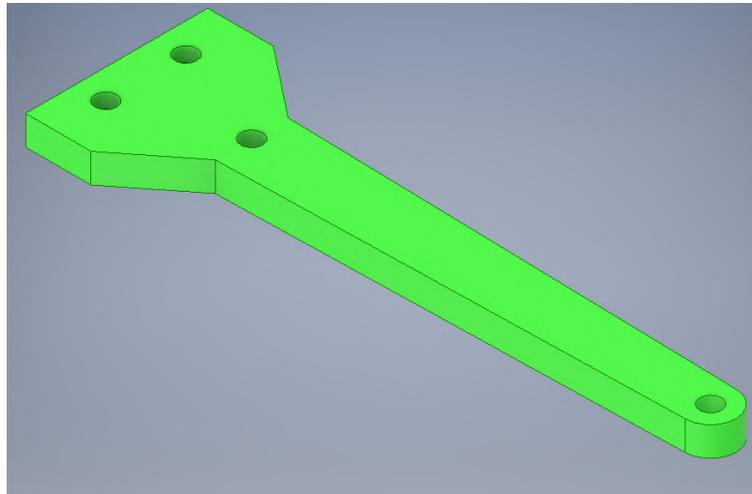


Figura 5.16: Palanca 1 del sistema de desconexión

Fuente: Elaboración Propia

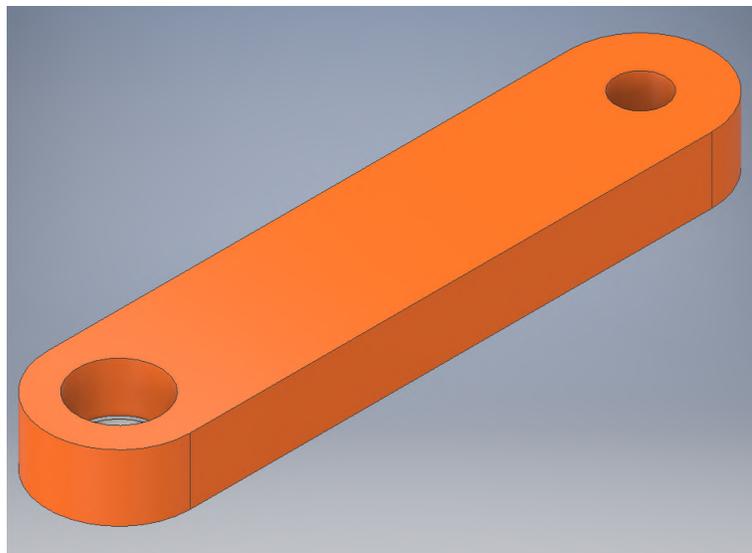


Figura 5.17: Palanca 2 del sistema de desconexión

Fuente: Elaboración Propia

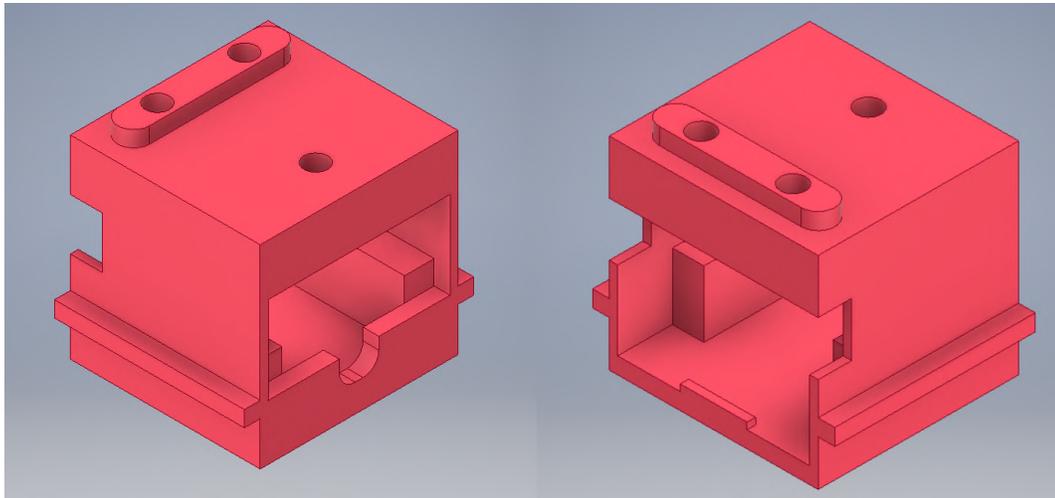


Figura 5.18: Conector del sistema de desconexión

Fuente: Elaboración Propia

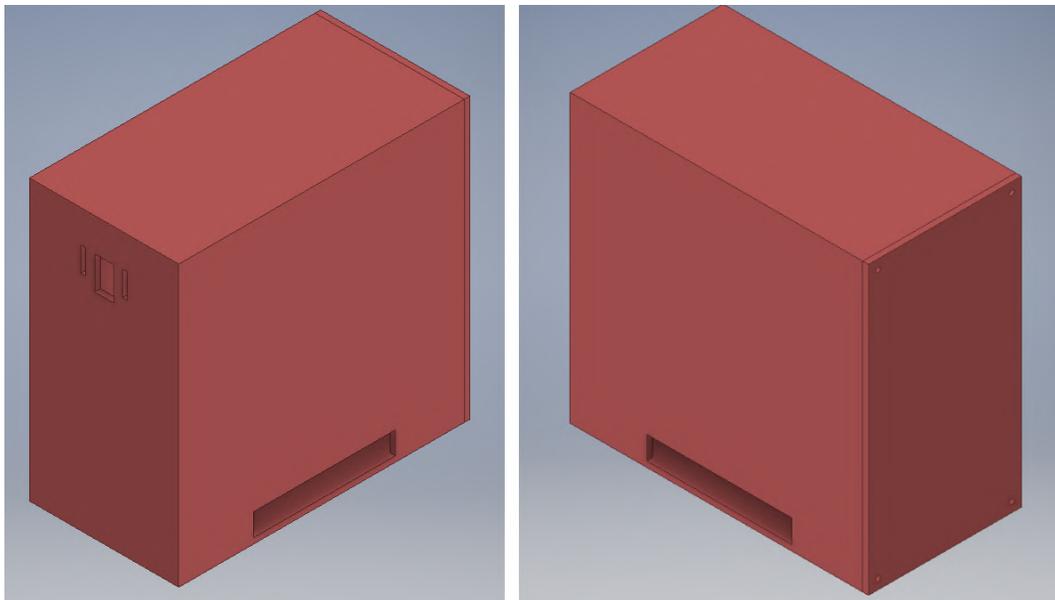


Figura 5.19: Base para la cámara y la raspberry

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo 6: Resultados y análisis de las pruebas

En este capítulo se muestran los resultados correspondientes a la ejecución de las pruebas planteadas en el capítulo 4. Cabe destacar para las tablas presentes en este capítulo que la forma de representar que una corrida es exitosa es con un 1 y en caso que la corrida sea fallida se coloca un 0 en el espacio correspondiente a la prueba, esto aplica para todas las tablas exceptuando cuando se indique lo contrario en su correspondiente apartado de la prueba.

6.1. Simulación mecánica del sistema de desconexión

Para la simulación mecánica se utiliza una composición de fuerzas como la que se muestra en las figura 6.1, en esta se se detalla el par de torsión que se aplicó al sistema simulando el torque dado por el motor, 1 Nm correspondiente al valor nominal del servomotor MG996(11 kgf-cm, equivalente a 1 Newton-metro aproximadamente.), el sistema se fija en la cara frontal del pieza conectora al usb. En la figura 6.3 se muestra el resultado del factor de seguridad, de la simulación resulta un un factor de seguridad mínimo de 3.39 en la zona del tornillo. Además se obtiene la fuerza de reacción que produce el momento en la cara fija como se muestra en al figura 6.2 donde la fuerza de reacción final resulta de 31.14 N.

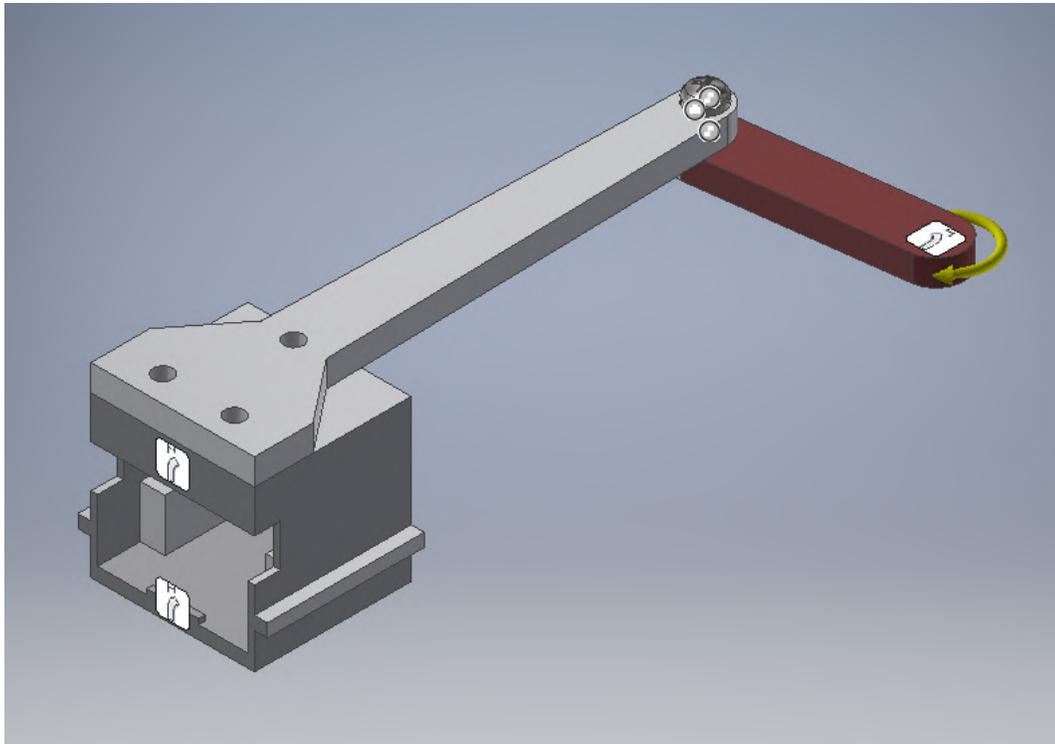


Figura 6.1: Fuerzas colocadas para la realización de las simulación, vista 1

Fuente:Elaboración propia

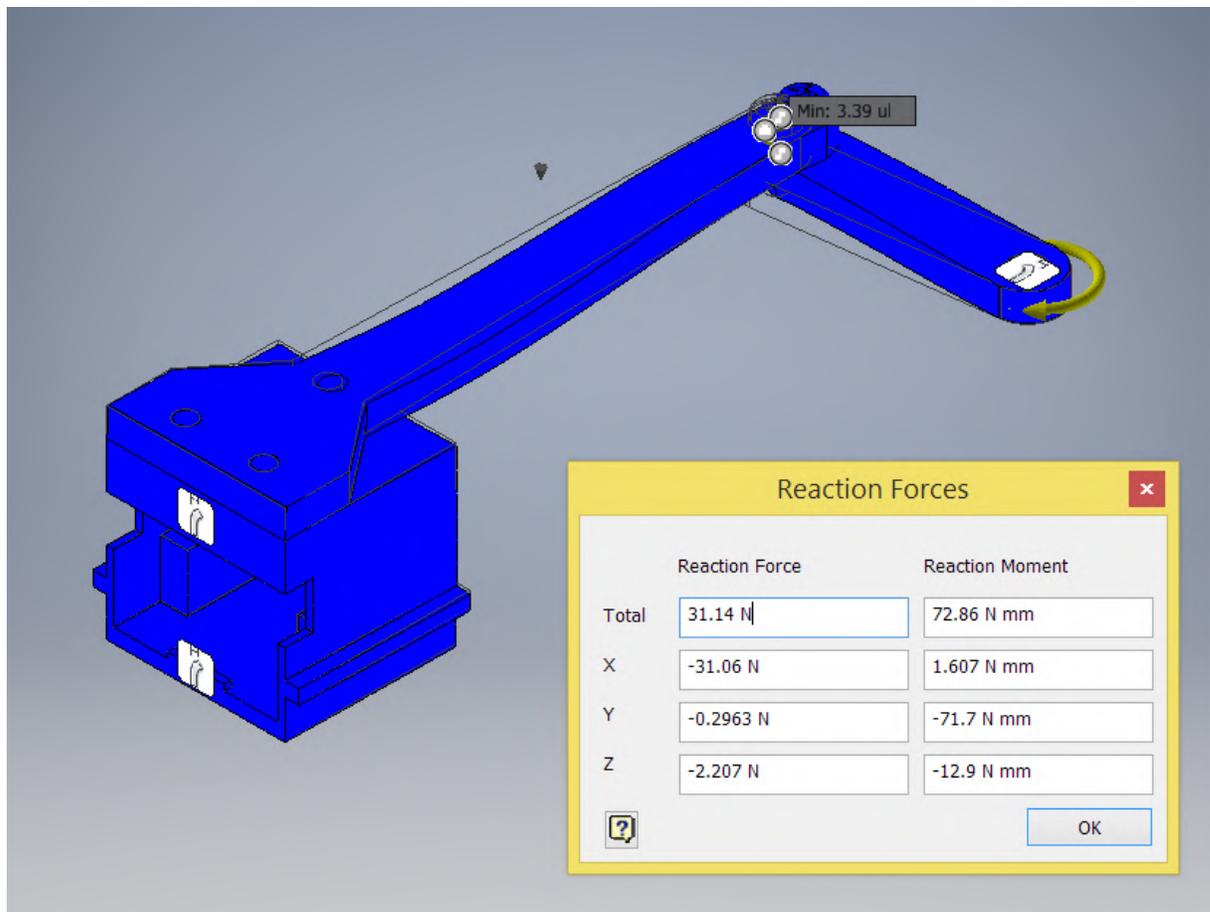


Figura 6.2: Fuerzas resultantes de la simulación mecánica

Fuente:Elaboración propia

6.1. Simulación mecánica del sistema de desconexión

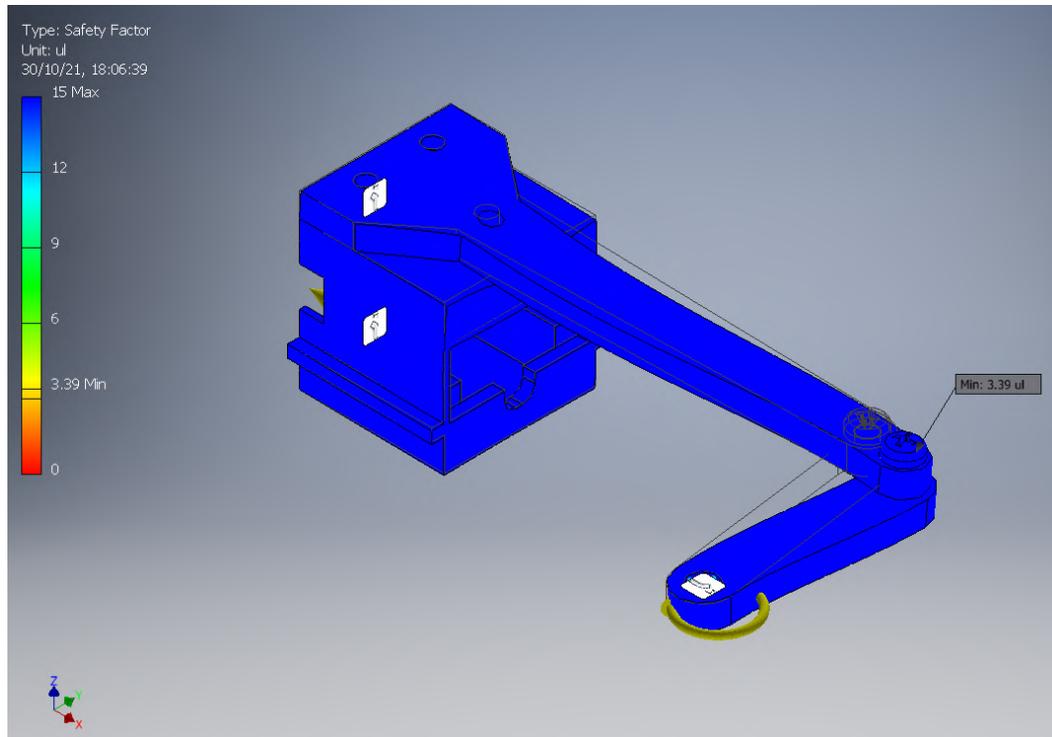


Figura 6.3: Simulación resultante para el factor de seguridad

Fuente:Elaboración propia

Según lo establecido en la sección de requerimientos del capítulo 4, tabla 4.4 se requiere que el sistema ejerza una fuerza de al menos de 8 N para desconectar el USB, considerando el resultado dado por la simulación se concluye que el sistema cumple la métrica 1 propuesta. Además, gracias al análisis del factor de seguridad se comprueba que el material seleccionado (PLA) es capaz de soportar la carga a la que está sometido el sistema con un factor de seguridad de 3.39 en su zona de mayor esfuerzo.

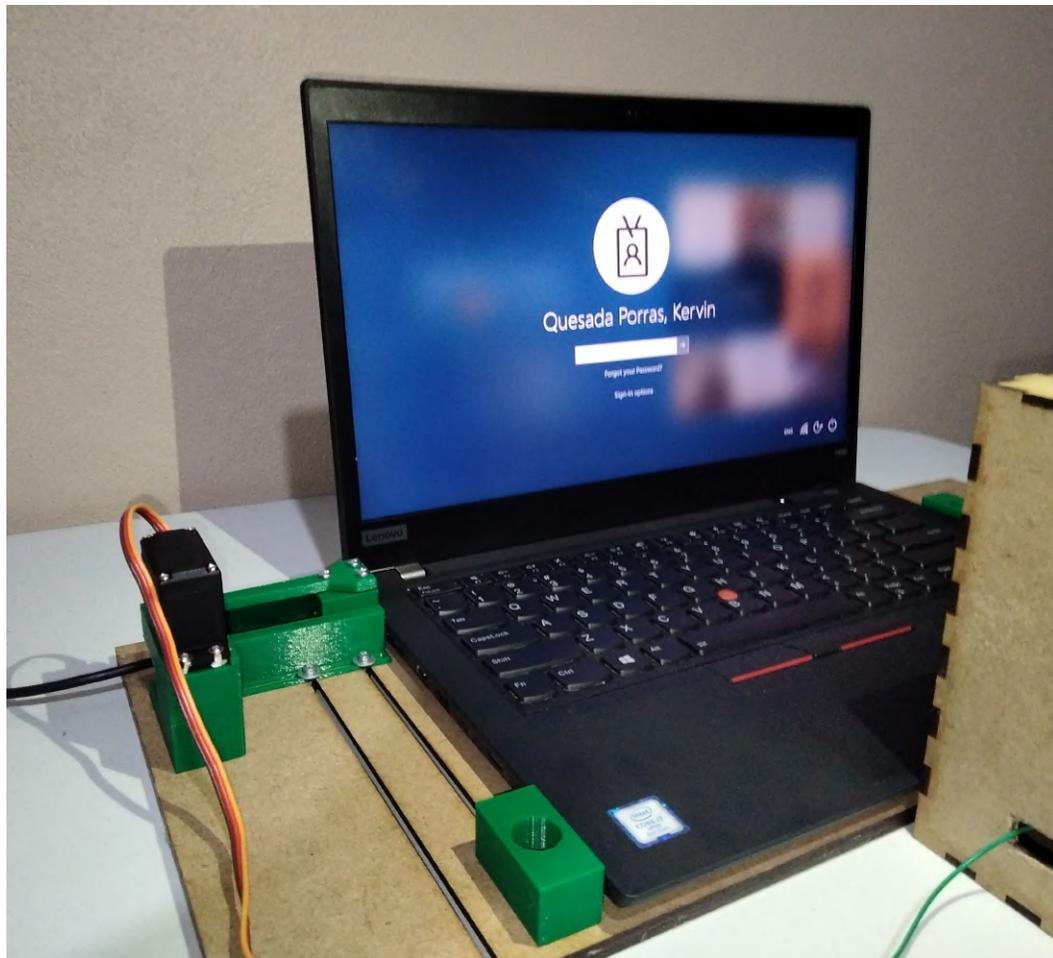


Figura 6.4: Maqueta funcional utilizada para las pruebas

Fuente:Elaboración propia

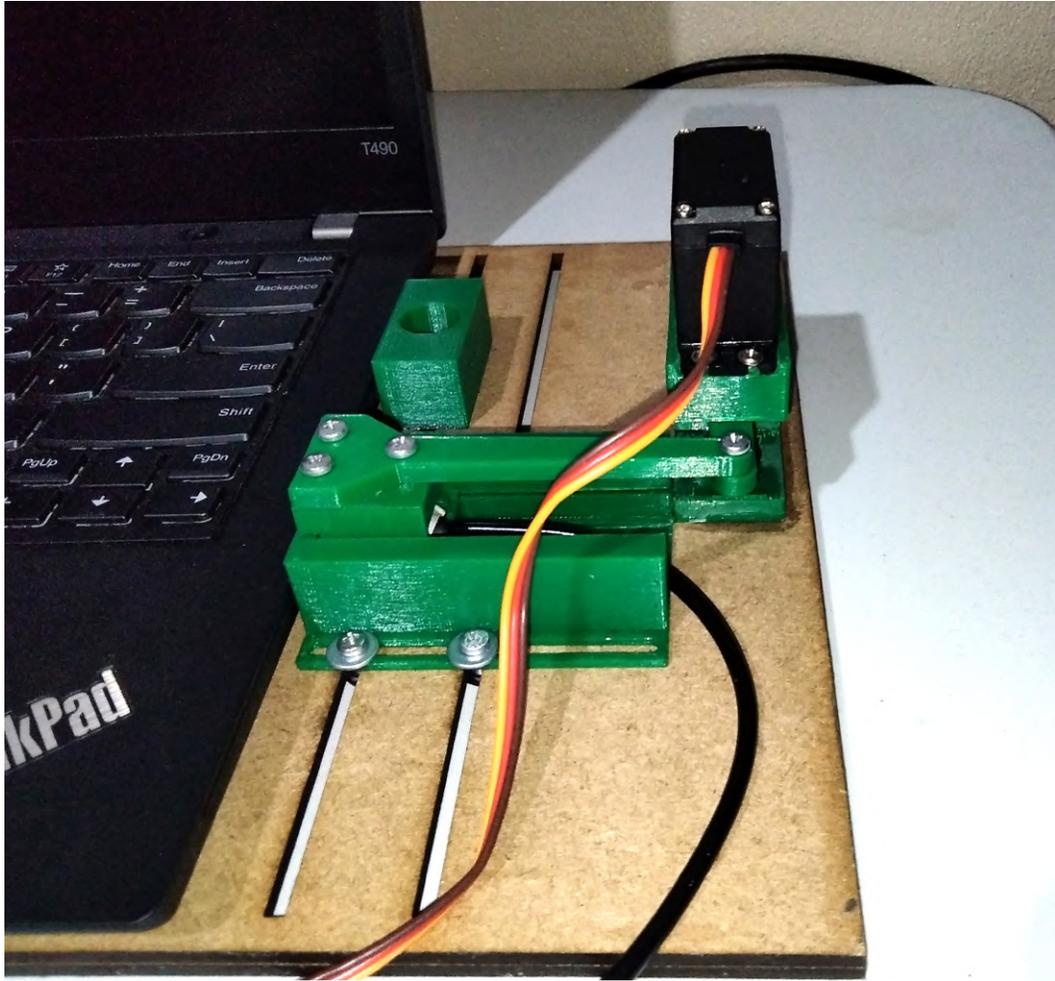


Figura 6.5: Sistema de desconexión, USB - tipo A

Fuente:Elaboración propia

6.2. Corrida de prueba para la desconexión y conexión de los motores

Se utiliza el prototipo que se muestra en la figura 6.4 y 6.5 para las pruebas de conexión y desconexión, ambos motores se encuentra conectados a la raspberry y se controla a través de la interfaz del sistema la conexión y desconexión. Se realizan las pruebas descritas y se adjunta los resultados en la tabla 6.1, en estas pruebas se desconecta y conecta cada uno de los motores en 20 ocasiones, como se aprecia en la tabla cada uno

6.3. Simulación eléctrica del motor y los sensores

Tabla 6.2: Tabla resumen para la prueba de desconexión

#	Métricas	V. Ideal	V. resultante pruebas	Cumplimiento del criterio
1	Fuerza necesaria para desconectar el conector	20 N	31.9 N	Se cumple
4	Desconecta los puertos conectados	2	2	Se cumple

de los movimiento se realiza con éxito, resultando en un porcentaje de acierto del 100 % para ambos motores, en ambos movimientos.

Tabla 6.1: Prueba de desconexión y conexión para ambos motores.

Fuente: Elaboración propia

MOTOR	MOVIMIENTO	Número de Prueba																				% Aciertos
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	CONEXIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
	DESCONEXIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
2	CONEXIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
	DESCONEXIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100

Según los resultados expuestos en las secciones 6.1 y 6.2 se crea la tabla resumen 6.2 donde se evalúan los resultados en comparación a las métricas. Para la métrica 1 el sistema es capaz de ejercer la fuerza suficiente para realizar la desconexión del USB, con una fuerza de 31.4 N, superior a la máxima deseada de 20N. Además con la simulación del factor de seguridad se puede comprobar que incluso a 31.4 N el material es capaz de soportar los esfuerzos. Por otra parte para la métrica 4 el sistema durante las pruebas es capaz de desconectar ambos conectores, el cargador y el USB proveniente de la raspberry pi, con un acierto del 100 % de las veces, por lo que se concluye que la métrica 4 se cumple al ser capaz de desconectar los 2 conectores.

6.3. Simulación eléctrica del motor y los sensores

En la figura 6.6 se muestra el circuito eléctrico y cada uno de los puntos donde se está realizando la medición de tensión, con el fin de comprobar que en el sistema no existen valores de tensión por encima de los nominales que soporta la raspberry pi,

6.3. Simulación eléctrica del motor y los sensores

es decir 3.3V, se miden las entradas al microprocesador provenientes de los sensores ópticos, como se observa en la imágenes , el sensor 1 muestra la configuración cuando el sensor se encuentra en su distancia más corta, con dicha configuración la tensión recibida por la raspberry corresponde a 3.177 V, esto se considera un estado alto por la raspberry, por otro lado el sensor 2 posee una configuración en la distancia más alta del sensor, resultando en 1.66 V percibidos por el microprocesador, el cual considera dicho voltaje como un estado bajo.

La simulación anterior permite validar que el sistema eléctrico funciona de forma adecuada por debajo de los valores nominales de los elementos que lo conforman.

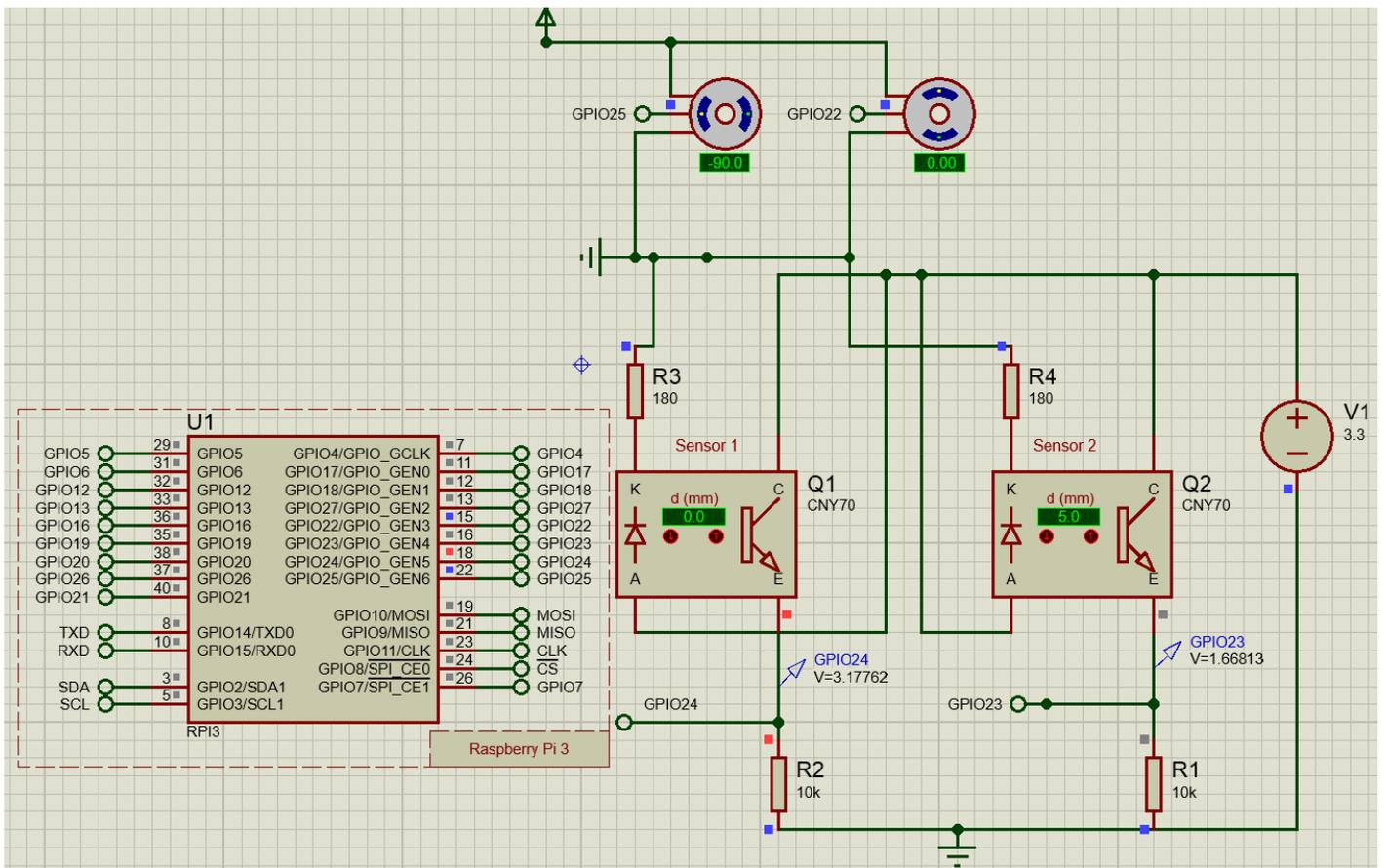


Figura 6.6: Resultados de la simulación eléctrica

Fuente:Elaboración propia

6.4. Corrida de prueba al ratón

Para las pruebas realizadas al ratón se presentan los resultados en las tablas 6.3 y 6.4. La primera tabla 6.3 corresponde a la prueba de repetitibilidad para garantizar que el sistema sea confiable y realice la acción correctamente cada vez que se le pide, como se aprecia en la tabla esta de esta prueba se obtiene un 100 % de aciertos en todas los envíos de datos. Para la tabla 6.4, que corresponde a una prueba de funcionalidad donde se sigue una secuencia de acciones para determinar que el sistema es capaz de realizar acciones, de igual forma los resultados obtenidos corresponde a un 100 % de aciertos en las acciones realizadas.

Tabla 6.3: Resultados de prueba de repetitibilidad para el ratón.

Fuente: Elaboración de propia.

MOVIMIENTO	Número de Prueba																				% Aciertos
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
ARRIBA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
ABAJO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
DERECHA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
IZQUIERDA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
CLICK DERECHO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
CLICK IZQUIERDO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100

También para el click derecho y click izquierdo se realiza medición de tiempo para cada una de sus corridas, en el apéndice B.2.1 se muestra la tabla con todos los tiempos obtenidos, de dicha tabla se obtiene un promedio de 145.221 ms, los datos de las pruebas presentan una desviación estándar de 41.9 unidades.

Tabla 6.4: Resultados de prueba de funcionalidad para el ratón.**Fuente:** Elaboración de propia.

Instrucción	Número de Prueba										% Aciertos
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Abrir word	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
Cerrar word	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
Abrir explorador de archivos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
Minimizar explorador de archivos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
Seleccionar múltiples archivos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
Copiar archivos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
Pegar archivos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
Suspender el computador	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100

6.5. Corrida de prueba al teclado

En las tablas 6.5, 6.6 y 6.7 se muestran los resultados de las pruebas de repetitibilidad para todas las teclas que permite el sistema. Los resultados se encuentran dividido en tres agrupaciones de teclas, primera la tabla 6.5 corresponden a las teclas alfabéticas, la tabla 6.6 al teclado numérico y caracteres especiales y por último la tabla 6.7 a las teclas de comandos de un teclado. El tiempo de cada uno de las teclas al ser presionada fue obtenida haciendo uso de un script programado en python, este se muestra en el apéndice B.4.1 Para cada una de estas tablas se obtuvo un acierto de 100% en cada una de las teclas para las 20 corridas. En el caso del teclado también se obtuvo el tiempo de latencia entre que se presionaba la tecla en un computador y la señal era recibido en el computador controlado, la tabla con cada uno de los tiempos para cada prueba se adjunta en el apéndice B.2.1, de dicha tabla se obtiene un promedio de 149.935 milisegundos con una desviación estándar de 42.901 unidades.

Tabla 6.5: Resultados de prueba de repetitibilidad para el teclado, conjunto de letras.**Fuente:** Elaboración de propia.

Tecla	Número de Prueba																				%Aciertos
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
G	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
H	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
I	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
J	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
K	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
M	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
P	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
Q	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
S	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
T	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
W	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
Y	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
Z	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100

Para las pruebas de complejidad, como se describe en el capítulo 4 se utiliza un texto de 100 caracteres que fue redactado 5 veces a través del sistema, para cada una de las corridas del texto se contabiliza cuando un carácter falló al escribir en el computador controlado, en el caso de la tabla 6.8 muestra los resultados obtenidos, donde se aprecia que para ninguna de las 5 escrituras del texto se obtuvo algún fallo a la hora de escribir el carácter.

6.5. Corrida de prueba al teclado

Tabla 6.6: Resultados de prueba de repetitibilidad para el teclado, conjunto de números y símbolos.

Fuente: Elaboración de propia.

Tecla	Número de Prueba																				% Aciertos
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
"	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
[	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
\	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
=	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
~	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100

6.5. Corrida de prueba al teclado

Tabla 6.7: Resultados de prueba de repetitibilidad para el teclado, conjunto de comandos.

Fuente: Elaboración de propia.

Tecla	Número de Prueba																				% Aciertos
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
F1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
F2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
F3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
F4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
F5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
F6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
F7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
F8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
F9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
F10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
F11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
F12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
TAB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
CAPS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
SHIFT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
CONTROL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
ALT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
WINDOWS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
UP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
DOWN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
LEFT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
RIGHT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
INSERT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
HOME	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
PAGE UP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
PAGE DOWN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
DELETE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
END	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
PRINT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
SCROLL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
PAUSE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
BACKSPACE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
ESC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100

Tabla 6.8: Prueba de escritura para el teclado.

Fuente: Elaboración propia

	Número de prueba					Total
	1	2	3	4	5	
Texto 1	0	0	0	0	0	0
Texto 2	0	0	0	0	0	0

Nota: Para la tabla 6.8 el número colocado en las tablas corresponde a la suma total de errores durante la corrida.

6.6. Análisis de los resultados del teclado y ratón

En la tabla 6.9 se muestra un resumen de los resultados obtenidos de las pruebas de ratón y el teclado, se muestran los valores promedio de latencia de ambos sistemas, los cuales resultan ser menores a 150 ms, esto nos indica que el sistema de control de periféricos cumple con la métrica planteada en la sección de requerimientos, en la que se establecía un valor ideal de latencia menor a 150ms. Además, según los resultados de las pruebas de repetitibilidad y de secuencias complejas con un 100% de aciertos en cada una de las pruebas se concluye que el sistema es capaz de controlar el computador y simular las señales de periféricos de forma correcta, por lo tanto la métrica número 2 se cumple.

Tabla 6.9: Tabla resumen de las pruebas al teclado y ratón.

Fuente: Elaboración propia

#	Métricas	Valor Ideal	Valor resultante de las pruebas	Cumplimiento del criterio
2	Permite el control	Sí	Sí	Se cumple
10	Latencia del teclado	150 ms	149.935	Se cumple
	Latencia del ratón		145.221	Se cumple

6.7. Corrida de prueba sobre el sistema de autenticación

En el caso de las pruebas para validar el sistema de autenticación se obtuvo los resultados mostrados en la tabla 6.10, los valores del grupo A corresponden a la primera ronda de pruebas, donde el usuario y la contraseña se encontraban en la base de datos, el grupo B corresponde a pruebas donde el usuario se encuentra en la base de datos pero la contraseña no y por último el grupo C corresponde a usuario cuyo usuario ni contraseña se encuentran en la base de datos. Cabe destacar como se mencionó en la definición de las pruebas del capítulo 4 que las pruebas se hicieron secuenciales para

6.7. Corrida de prueba sobre el sistema de autenticación

cada grupo, es decir para el grupo A, primero se ingresó con A1, luego A2, A3, A4 y A5, este proceso se repitió igual para los grupos B y C. Cada una de esas secuencias fue repetida 5 veces, hasta obtener los resultados de la tabla 6.10, en donde se aprecia que para cada corrida se obtuvo un acierto del 100%.

Tabla 6.10: Prueba de autenticación para distintos usuarios.

Fuente: Elaboración propia

#	USUARIO	CONTRASEÑA	Número de prueba					Comentario	% Aciertos
			1	2	3	4	5		
A1	conestal	8956?Lpga	1	1	1	1	1	Acceso correcto	100
A2	rosaporrasl	?2350Fros	1	1	1	1	1	Acceso correcto	100
A3	mngpaulos	_8562MGchat	1	1	1	1	1	Acceso correcto	100
A4	porlkorres	/opSD2382	1	1	1	1	1	Acceso correcto	100
A5	lokrerros	kE6Kvj^b	1	1	1	1	1	Acceso correcto	100
B1	carmalop	\$Ky %tTtK	1	1	1	1	1	Contraseña incorrecta	100
B2	tracrosa	#rZtujSa	1	1	1	1	1	Contraseña incorrecta	100
B3	porytont	FjU#^Ppb	1	1	1	1	1	Contraseña incorrecta	100
B4	mongdowi	eUrC^3mN	1	1	1	1	1	Contraseña incorrecta	100
B5	fortione	23=DEes34	1	1	1	1	1	Contraseña incorrecta	100
C1	entiract	cJ2\$*w5r	1	1	1	1	1	Usuario incorrecta	100
C2	hitaklen	?2350Fros	1	1	1	1	1	Usuario incorrecta	100
C3	estambir	tz*NfMpy	1	1	1	1	1	Usuario incorrecta	100
C4	agunguep	YPTat %pO	1	1	1	1	1	Usuario incorrecta	100
C5	cticates	\$wmZXB2E	1	1	1	1	1	Usuario incorrecta	100

Considerando los resultados con un 100% de acierto para las pruebas de autentica-

6.8. Prueba para el tiempo de instalación

ción, se considera tal y como se muestra en la tabla resumen 6.11 el sistema se considera que existe y es funcional de acuerdo a lo que solicita el usuario.

Tabla 6.11: Tabla resumen del cumplimiento de la métrica 3

#	Métricas	Valor Ideal	Valor resultante de las pruebas	Cumplimiento del criterio
3	Existe un sistema de autenticación	Sí	Sí	Se cumple

6.8. Prueba para el tiempo de instalación

Se tomaron los datos de 3 personas distintas realizando la instalación del sistema a las cuales les fue explicado previamente como realizarlo, luego de esto se otorgaron los componentes necesarios del sistema y se mide el tiempo que cada persona tarda en instalarlo, estos tiempos se presentan en la tabla 6.12 en promedio se obtiene un tiempo de instalación de 9.1 minutos, lo cual resulta por debajo de los 30 minutos planteados, por lo que se cumple la métrica # 6

Tabla 6.12: Resultados para las pruebas de instalación

Fuente: elaboración propia

# Prueba	Tiempo (minutos)			Prom
	1 (± 0.1)	2 (± 0.1)	3 (± 0.1)	
Persona 1	10.6	10.5	6.6	9.2
Persona 2	11.4	10.0	9.2	10.2
Persona 3	9.6	6.4	7.6	7.9

6.9. Pruebas de funcionalidad

Las pruebas de funcionalidad consisten en ejecutar, a 2 computadores distintos, una secuencia de acciones distintas y evaluar la correcta realización de cada acción, además al realizarlas pruebas se contabiliza la cantidad de intervenciones que requirió el sistema para poder funcionar, es decir si en algún momento se requiere atención en el sistema. En la tabla 6.13 se muestran los resultados obtenidos, se observa que para ninguna de

las corridas se fallo al realizar la acción, además al no fallar en ninguna de las acciones nos indica que no existió ninguna intervención durante la ejecución. Las secuencias de acciones fueron las siguientes:

Secuencia 1:

- Abrir Microsoft teams.
- Abrir un navegador.
- Acceder al correo.
- Acceder a You Tube.
- Desconectar el cargador.
- Cerrar todas las ventanas.
- Abrir la consola de comandos

Secuencia 2:

- Reproducir un video.
- Crear un nuevo archivo de txt.
- Escribir una oración en el txt.
- Desconectar el USB.
- Conectar USB.
- Abrir la calculadora.
- Abrir panel de control.

Tabla 6.14: Tabla resumen para las pruebas de instalación y funcionalidad

#	Métricas	Valor Ideal	Valor resultante de las pruebas	Cumplimiento del criterio
6	Tiempo de instalación inicial	30 min	9.1 min	Se cumple
8	Cantidad de intervenciones	3	0	Se cumple

Tabla 6.13: Resultados para la prueba de funcionalidad

Fuente: elaboración propia

Computadora	Secuencia	Prueba					
		1	2	3	4	5	%
Thinkpad T490	Sec 1	7	7	7	7	7	100.0
	Sec 2	7	7	7	7	7	100.0
Dell Latitude	Sec 1	7	7	7	7	7	100.0
	Sec 2	7	7	7	7	7	100.0

A partir de los resultados de las tablas 6.13 y 6.12 se genera la tabla resumen 6.14, donde se muestra la comparativa de los resultado de las pruebas y las métricas planteadas, como muestra la tabla se concluye que las métricas se cumplen satisfactoriamente.

Capítulo 7: Análisis económico

Para el análisis económico se realiza un cálculo de la inversión que requiere implementar el sistema, en términos de materiales, imprevistos y tiempo de diseño. Para los imprevistos se asume un 10% del costos total de materiales y para el tiempo de diseño se considera el salario mínimo indicado por el MTSS, que para un pasante universitario es de 500 000 colones mensuales (2750 colones por hora) aproximadamente. En la tabla 7.1 se muestra el listado de materiales y costos asociados a la implementación del proyecto. A partir de esta tabla se puede observar que el costo de los materiales (\$166.08) resulta bastante por debajo del presupuesto dado por la empresa (\$500).

Los ingenieros tardan con el sistema actual entre 5 y 10 minutos para poder empezar las pruebas que deban realizar, este tiempo se ve reducido significativamente ya que con el sistema desarrollado en este proyecto dicho tiempo de espera se elimina, ya que el usuario puede comenzar la prueba en el momento que lo desee sin necesidad de esperar a otro ingeniero que realice la desconexión, tomando un aproximado de 5 pruebas al día y un tiempo promedio de espera de 7.5 min se puede calcular que al mes se reducen 12.5 horas. Si tomamos el salario promedio de un ingeniero de \$ 6.88 por hora se obtendría una ganancia de \$ 86 al mes, \$1032 al año.

Tabla 7.1: Listado de precios por componentes.

Fuente: Elaboración propia

Componente	Cantidad	Precio unitario (\$)	Total
Servomotor MG996	2	\$15.00	\$30.00
CNY70 Sensor Infrarrojo	2	\$2.50	\$5.00
Raspberry pi zero W	1	\$30.00	\$30.00
Adaptador de corriente	2	\$10.00	\$20.00
Micro SD 16GB	1	\$5.00	\$5.00
Cable USB -MicroUSB	1	\$4.00	\$4.00
Cabezal de 20 pines	2	\$1.00	\$2.00
Cable para camara Raspberry Pi Zero W	1	\$10.00	\$10.00
Raspberry Pi Camera Board v1.3 - 5 Megapixels	1	\$22.00	\$22.00
Impresión 3D	1	\$25.00	\$25.00
Corte Laser	1	\$10.00	\$10.00
Resistencias 10K	2	0.05	\$0.10
Resistencias 180	2	0.05	\$0.10
M3x10	12	\$0.09	\$1.08
Tuerca para M3	12	\$0.09	\$1.08
Arandela	8	\$0.09	\$0.72
Subtotal de materiales			\$166.08
Imprevistos	10 %	\$16.61	\$16.61
Subtotal de imprevistos			\$16.61
Tiempo de diseño	320	\$4.40	\$1,408.00
Subtotal de diseño			\$1,408.00
TOTAL			\$1,590.69

Tabla 7.2: Cálculo de costos y beneficios totales del proyecto**Fuente:** Elaboración propia

ROI (Basado en valor actual neto, \$)		2021	2022	2023	2024	2025	2026	Total	VA
Beneficios	Tipo de Ahorro	\$0	\$1,032	\$1,084	\$1,138	\$1,195	\$1,254	\$5,702	\$3,772
Horas ahorradas para reinversión	Horas	\$0	\$1,032	\$1,084	\$1,138	\$1,195	\$1,254	\$5,702	\$3,772
Costo del Proyecto	Tipo de Inversión	\$1,591	\$17	\$17	\$17	\$17	\$17	\$1,674	\$1,646
Inversión inicial y Mantenimiento Anual	Capital Inicial	\$166.08	\$17	\$17	\$17	\$17	\$17	\$249	\$222
Imprevistos	Capital Inicial	\$16.61						\$17	\$17
Costo de Tiempo de Diseño	Horas Trabajadas	\$1,408.00						\$1,408	\$1,408
Flujo de Caja Neto		(\$1,591)	\$1,015	\$1,067	\$1,121	\$1,178	\$1,238	\$4,029	\$2,125
Valor Actual Neto (\$)		\$2,125							

En la tabla 7.2 se muestra el análisis económico según los costos del proyecto y el beneficio para la empresa a un plazo de 5 años, con una tasa de descuento de 15 %. En la tabla 7.3 se muestra un resumen del análisis económico, según lo establecido se obtiene para el proyecto un valor neto de retorno de \$4029, esto se traduce en una tasa interna de retorno del 61.5 %, además basados en el estudio la recuperación de la inversión es de un 240 % es decir de 2 veces más que la inversión y la inversión inicial se recupera en un período de 2 años.

Tabla 7.3: Tabla resumen del análisis económico**Fuente:** Elaboración propia

Beneficio total	\$5,702
Costo Total	\$1,674
Retorno Total	\$4,029
VAN	\$2,125
TIR	61.5 %
ROI	240.7 %
Recuperación de inversión (años)	2

Capítulo 8: Conclusiones y recomendaciones

8.1. Conclusiones

- Se obtiene un listado de requerimientos necesarios para desarrollar un sistema de control remoto externo a un computador el cual se encuentra en la tabla 4.4.
- Se diseñó un sistema capaz de controlar los periféricos de un computador mediante señales enviadas por la red desde un segundo computador con una latencia menor a 150 ms, el código de este sistema se presenta en los apéndices B.4.3.
- Se desarrolló un sistema electromecánico capaz de desconectar y conectar de forma física un cable USB de tipo C y B, con sus señal proveniente a través de una interfaz web, además el sistema proporciona una fuerza de hasta 30 N, un 26 % más del mínimo requerido por los estándares y manteniendo un factor de seguridad de 3.4, los planos del sistema se muestran en el apéndice C.5
- Se valora el sistema de control remoto externo de un computador mediante las simulaciones mecánicas, eléctricas y corridas de prueba y se demuestra que el sistema cumple con la totalidad de los requerimientos, como se muestra en el apéndice B.2.2.
- La implementación del sistema resulta de bajo costo y viable para su implementación, con un retorno de la inversión de un 2.4 veces en un plazo de 2 años.

8.2. Recomendaciones

- En caso de futuras iteraciones del proyecto agregar un sistema de visión aportaría grandes beneficios al laboratorio de pruebas, ya que permitiría la automatización de ciertas tareas.
- Si se deseara utilizar el sistema de desconexión para algún conector distinto a los que se plantearon en este proyecto (USB C y USB B) que requieran una fuerza de desconexión más baja se puede plantear utilizar un motor de menor torque, reduciendo gastos en el coste total del proyecto.
- En caso se que requiera una mayor versatilidad del posicionamiento de la cámara se recomienda un diseño capaz de moverse en más grados de libertad y no solo ajustes laterales y de altura.

Bibliografía

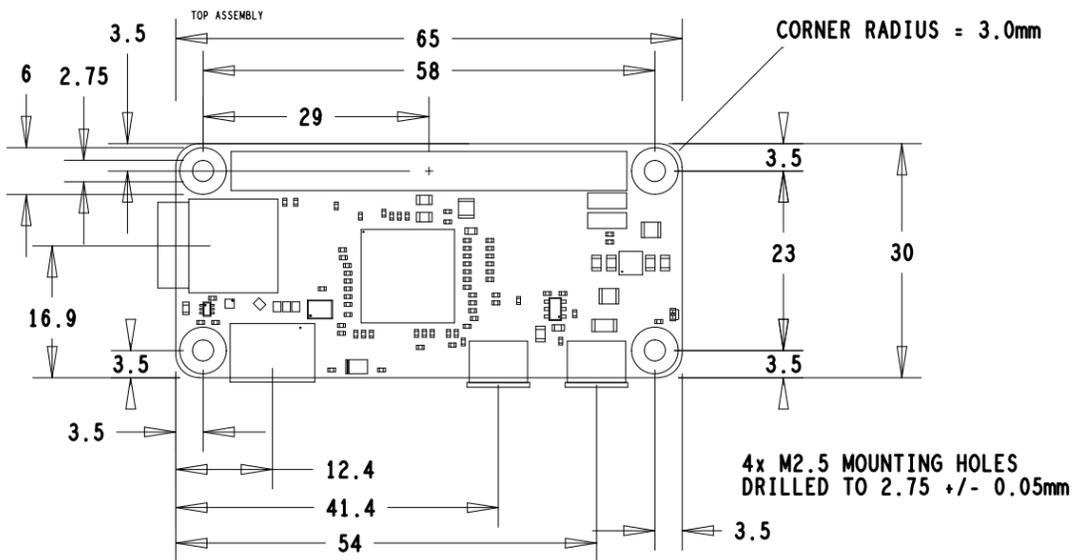
- [1] Intel Corporation. “En Intel, nuestros valores nos definen”. 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.intel.la/content/www/xl/es/corporate-responsibility/our-values.html?countrylabel=Peru>
- [2] L. M. Madrigal. “Intel Costa Rica abre 202 puestos de trabajo en áreas técnicas y administrativas”. DelfinoCr. 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.cinde.org/es/noticias/intel-costa-rica-tiene-200-puestos-de-trabajo-disponibles>
- [3] M.Wong, 'Stanford research provides a snapshot of a new working-from-home economy', Stanford News, Junio, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://news.stanford.edu/2020/06/29/snapshot-new-working-home-economy/>
- [4] Minestio de Trabajo y Seguridad Social, Análisis de la modalidad de teletrabajo en el MTSS. 2020 . [En línea]. Disponible en: https://www.mtss.go.cr/elministerio/despacho/teletrabajo/informe_teletrabajo_MTSS.pdf
- [5] Cyberlinkasp Inc, 'How does remote desktop work', Cloud Hosting Insights.Marzo, 2020.[En línea]. Disponible en: <https://www.cyberlinkasp.com/insights/remote-desktop-work/>
- [6] Microsoft Corporation, Resources on a remote desktop session host server. Windows documentation, Mayo, 2020.[En línea]. Disponible en: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/win32/termserv/resources-on-a-terminal-server>
- [7] E. López, Ingeniería en microcontroladores: El protocolo USB. Mexico D.F,2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.ericklic.cl/usb.pdf>
- [8] L. Ada J.Doscher.Raspberry Pi Zero:USB gadget mode. Diciembre, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://learn.adafruit.com/turning-your-raspberry-pi-zero-into-a-usb-gadget>
- [9] K. Ulrich and S. Eppinger, Diseño y desarrollo de productos. México, D.F.: McGraw-Hill Educación, 2013.
- [10] NXP Semiconductors.USB on the go:A tutorial. Julio,2007. [En línea]. Disponible en:<https://www.nxp.com/docs/en/brochure/75016113.pdf>

- [11] Microchip Technology Inc. PIC32MX Family Data sheet. Febrero, 2008. [En línea]. Disponible en: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/PIC32MX_Datasheet_v2_61143B.pdf
- [12] R.D Inc. Documentación para el uso de puertos GPIO. Oregon, 2021 https://gpiozero.readthedocs.io/en/stable/pi_zero_otg.html
- [13] B.Nuttall. GPIO Zero Documentation. 2021. [En línea]. Disponible en: http://resource.download.wjec.co.uk.s3.amazonaws.com/vtc/2016-17/16-17_1-4/website/category/4/functions_of_mechanical_devices/principles_of_mechanical_devices/media/documents/motion.pdf
- [14] THK CO, GSR-R Slider data sheet. [En línea]. Disponible en: https://tech.thk.com/es/products/pdf/es_a01_278.pdf
- [15] Power Transmission Distributors Assosiaciation, PTDA. Power Transmission Design. 2da. Enero 1997. [En línea]. Disponible en: https://www.ele.uva.es/~jesman/BigSeti/ftp/Actuadores/Motores_etc/LinearMt.pdf
- [16] Automotriz Maver, Funcionamiento de la cremallera y sus fallas comunes. Junio, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://automotrizmaver.com/blog/la-cremallera/>
- [17] Universidad Iberoamericana. Actuadores y sus tipos. México D.F 2013. [En línea]. Disponible en: http://www.dis.uia.mx/taller_industrial/blog/wp-content/uploads/2013/10/ACTUADORES.pdf
- [18] J. Saiz. Elementos mecánicos y transformadores de movimiento. Departamento de Tecnología IES Universidad de Almudena. [En línea]. Disponible en: https://profemjesus.webcindario.com/tecnologia_industrial_1/2_mecanismos_transformacion.pdf
- [19] M.Torres. Tecnología de proyectos: Mecanismos. Mayo, 2014. [En línea]. Disponible en: https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/54_tornillotuerca.html
- [20] USB 3.0 Promoter Group. Universal Serial Bus type-C cable and conector specification. Agosto, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.usb.org/sites/default/files/USB%20Type-C%20Spec%20R2.0%20-%20August%202019.pdf>
- [21] USB 3.0 Promoter Group. USB 3.1 Legacy Cable and Connector Revision 1.0. Abril, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.usb.org/document-library/cables-and-connectors-class-20>
- [22] A, Rogers. Introduction to USB Type -C. Microchip Technology. 2015. [En línea]. Disponible en: https://cdn.sparkfun.com/assets/e/b/4/f/7/USB-C_Datasheet.pdf

- [23] Sony Inc. What are the USB data transfer rates and specifications?. Abril, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.sony.com/electronics/support/articles/00024571>
- [24] S.L. Ford. Additive Manufacturing Technology: Potential implications for US Manufacturing competitiveness. Journal of international commerce and economics. Setiembre, 2014. [En línea]. Disponible en: https://usitc.gov/publications/332/journals/vol_vi_article4_additive_manufacturing_technology.pdf
- [25] D.Martinez A. Paredes. El proceso de corte láser aplicado a la manufactura de probetas planas. 2002. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/266852858_EL_PROCESO_DE_CORTE_LASER_APLICADO_A_LA_MANUFACTURA_DE_PROBETAS_PLANAS_DE_TRACCION_NORMALIZADAS_OBTENIDAS_A_PARTIR_DE_CHAPAS_FINAS_DE_ACERO_GALVANIZADO
- [26] F.Montaño Introducción a los proceso de manufactura. Facultad de Ciencias y Tecnología UMSS. 2004.[En línea]. Disponible en: <http://materias.fcyt.umss.edu.bo/tecno-II/PDF/cap-11.pdf>
- [27] X. Jiang et al., "Low-Latency Networking: Where Latency Lurks and How to Tame It,"in Proceedings of the IEEE, vol. 107, no. 2, pp. 280-306, Feb. 2019, doi: 10.1109/JPROC.2018.2863960
- [28] C. Medland. Troubleshooting User Experience over RDP. Julio, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://helpcenter.itopia.com/en/articles/4055294-troubleshooting-user-experience-over-rdp>
- [29] The Raspberry Pi Foundation .Documentation and datasheets for Raspberry Pi products.2020. [En línea]. Disponible en: <https://datasheets.raspberrypi.org/>
- [30] Tower Pro Manufacturer .Datasheet for MG996 servo motor. [En línea]. Disponible en: https://www.microjpm.com/_files/200003997-a7802a879f/MG996R%20Tower%20Pro%20Datasheet.pdf
- [31] VISHAY Manufacturer .Datasheet for optic sensor CNY70. [En línea]. Disponible en: https://www.microjpm.com/_files/200000738-a8798a971e/CNY70%20Sensor%20infrarrojo.pdf

Anexos A

A.1. Dimensiones de las raspberry pi zero W

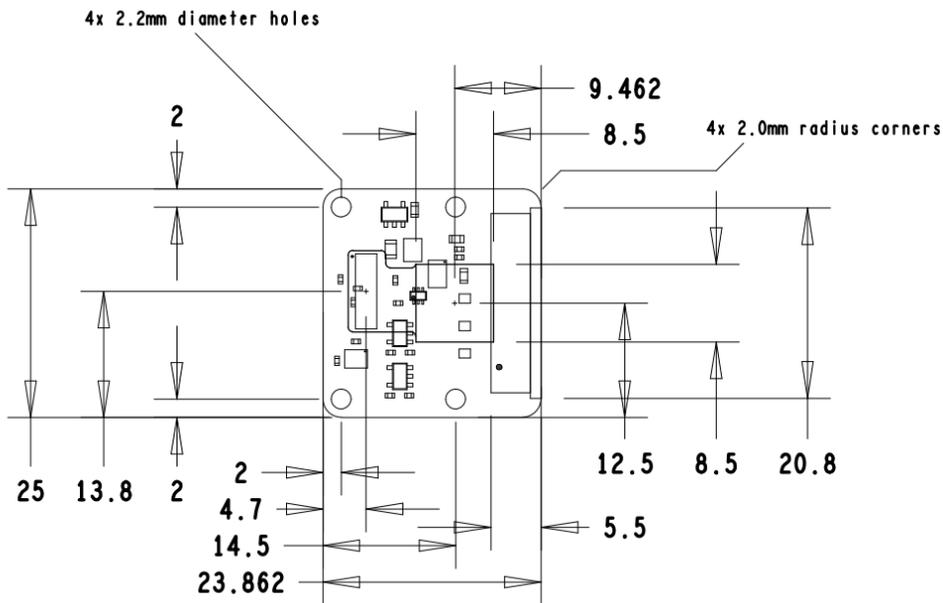


		Raspberry Pi	
		www.raspberrypi.org	
		© Raspberry Pi 2015	
TITLE	RASPBERRY PI ZERO		
DATE	23/09/2015	REF	RPI-ZERO-V1_2
DRAWN	Mike Stimson	APVD	James Adams

Figura 1: Planos mecánicos de la raspberry pi zero W

Fuente: [29]

A.2. Dimensiones de la cámara



 Raspberry Pi www.raspberrypi.org © Raspberry Pi 2015		TITLE		RASPBERRY PI CAMERA MODULE V2.1	
		DATE	12/11/2015	REF	RPI-CAM-V2_1
DRAWN		Mike Stimson	APVD	James Adams	

Figura 2: Planos mecánicos del módulo de cámara de la raspberry pi zero W

Fuente:[29]

A.3. Hoja de datos para el sensor CYN70



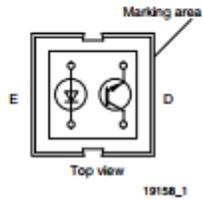
VISHAY
www.vishay.com

CNY70
Vishay Semiconductors

Reflective Optical Sensor with Transistor Output



21835



19158_1

FEATURES

- Package type: leaded
- Detector type: phototransistor
- Dimensions (L x W x H in mm): 7 x 7 x 6
- Peak operating distance: < 0.5 mm
- Operating range within > 20 % relative collector current: 0 mm to 5 mm
- Typical output current under test: $I_C = 1$ mA
- Emitter wavelength: 950 nm
- Daylight blocking filter
- Lead (Pb)-free soldering released
- Material categorization: For definitions of compliance please see www.vishay.com/doc?99912




**RoHS
COMPLIANT**

DESCRIPTION

The CNY70 is a reflective sensor that includes an infrared emitter and phototransistor in a leaded package which blocks visible light.

APPLICATIONS

- Optoelectronic scanning and switching devices i.e., index sensing, coded disk scanning etc. (optoelectronic encoder assemblies).

PRODUCT SUMMARY				
PART NUMBER	DISTANCE FOR MAXIMUM CTR _{rel} ⁽¹⁾ (mm)	DISTANCE RANGE FOR RELATIVE I _{out} > 20 % (mm)	TYPICAL OUTPUT CURRENT UNDER TEST ⁽²⁾ (mA)	DAYLIGHT BLOCKING FILTER INTEGRATED
CNY70	0	0 to 5	1	Yes

Notes
⁽¹⁾ CTR: current transfere ratio, I_{out}/I_{in}
⁽²⁾ Conditions like in table basic characteristics/sensors

ORDERING INFORMATION			
ORDERING CODE	PACKAGING	VOLUME ⁽¹⁾	REMARKS
CNY70	Tube	MOQ: 4000 pcs, 80 pcs/tube	-

Note
⁽¹⁾ MOQ: minimum order quantity

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T _{amb} = 25 °C, unless otherwise specified)				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
COUPLER				
Total power dissipation	T _{amb} ≤ 25 °C	P _{tot}	200	mW
Ambient temperature range		T _{amb}	- 40 to + 85	°C
Storage temperature range		T _{stg}	- 40 to + 100	°C
Soldering temperature	Distance to case 2 mm, t ≤ 5 s	T _{sd}	260	°C
INPUT (EMITTER)				
Reverse voltage		V _R	5	V
Forward current		I _F	50	mA
Forward surge current	t _p ≤ 10 μs	I _{F(sur)}	3	A
Power dissipation	T _{amb} ≤ 25 °C	P _V	100	mW
Junction temperature		T _J	100	°C

Rev. 1.8, 30-Jul-12 1 Document Number: 83751
 For technical questions, contact: sensorstechsupport@vishay.com
 THIS DOCUMENT IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE. THE PRODUCTS DESCRIBED HEREIN AND THIS DOCUMENT ARE SUBJECT TO SPECIFIC DISCLAIMERS, SET FORTH AT www.vishay.com/doc?911001

Figura 3: Hoja de datos del sensor CNY70

Fuente:[31]

Anexos B

B.1. Encuesta aplicada al cliente

Entrevista con el cliente:

P1: ¿Qué funcionalidades requiere del sistema?

R1: Al iniciar las pruebas necesito que se desconecten los puertos de alimentación y periféricos, además como quiero poder controlarlo necesito que se pueda ver la pantalla del computador (bajo prueba), necesitaría que se pueda controlar la compu con entradas de teclado y ratón como si estuviera frente al computador.

P2: ¿Se requiere de algún tipo de seguridad en el sistema que autentique al usuario?

R2: Sí idealmente sería que yo ingrese un código o un tipo de ip y me pueda conectar a un pc en específico y que este antes de entrar me solicite algún tipo de credenciales.

P3: ¿Cuántos tipos de modelos de computadoras portátiles se manejan en el laboratorio?

R3: Los modelos que se manejan suelen ser modelos aún no sacados al mercado, entonces los modelos son bastantes variados, pero distintos se manejan alrededor de unos 10 modelos distintos.

P4: ¿Qué tipos de puertos presentan los modelos que trabajan?

R4: En su mayoría todos poseen tipo C y USB tradicional (tipo B), sus cargadores suelen ser tipo C también.

P5: ¿Qué tan automatizado se requiere el sistema, es decir cuantas intervenciones se esperarían?

R5: Considerando la virtualidad yo busco que la única intervención sea cuando se instale el sistema, o sea que solo una vez se tenga que instalar y que luego de eso el sistema sea funcional remotamente por sí solo.

P6: ¿Se requiere de algún tipo de feedback hacia el usuario sobre el sistema?

R6: En casos que algo fallara sería bueno que el sistema me diga el estado de la conexión... o incluso de los puertos para poder saber si hay algo conectado o no.

P7: ¿De cuánto presupuesto se dispondría para la realización del proyecto?

R7: Para el proyecto se tendría aproximadamente 500 dólares, con posibilidad de utilizar herramientas de Intel en cuestiones de impresión 3d.

P8 ¿La mesa donde se hacen las pruebas qué tanto espacio tiene?

R8 Es una mesa bastante grande, caben de 6 a 5 computadoras simultaneas en la mesa, en ocasiones se utilizan mouse y teclados externos conectados a las portátiles para configurar antes de las pruebas.

B.2. Tablas de resultados

B.2.1. Tiempos de respuesta

Tabla 1: Tiempos de respuestas para la corrida del teclado alfabético, en milisegundos

Tecla	Número de Prueba																				Prom
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
A	142.502	190.961	172.443	108.935	168.936	151.352	151.897	147.176	177.181	154.095	185.795	156.299	115.434	120.585	121.735	167.014	180.150	110.422	136.024	188.569	149.888
B	176.832	105.633	180.968	169.186	170.418	148.398	125.348	106.402	108.248	188.567	130.013	190.156	169.482	188.989	122.049	122.552	149.497	156.223	100.719	138.318	146.391
C	151.877	124.594	175.827	168.824	168.939	120.144	175.152	130.968	172.303	161.738	138.072	180.166	104.910	182.987	110.782	107.459	155.087	105.258	111.496	161.062	143.924
D	108.745	157.024	151.944	55.654	160.747	177.433	107.762	121.799	198.759	116.305	188.951	179.532	133.272	100.386	148.320	135.802	114.642	129.042	175.671	187.543	151.500
E	145.507	164.436	157.910	150.450	163.838	191.850	192.090	189.231	143.074	142.439	130.781	145.228	172.371	189.891	127.335	171.876	116.916	174.248	189.997	151.198	149.951
F	157.300	111.825	112.468	113.984	161.560	164.919	157.581	104.890	167.169	150.611	167.837	118.164	178.586	162.854	100.753	118.237	131.489	115.891	138.757	152.490	145.260
G	160.432	155.281	170.099	118.268	191.838	131.735	156.003	103.141	101.375	181.131	130.138	115.568	126.341	174.144	188.437	149.315	198.644	130.091	183.600	157.456	148.488
H	112.536	159.775	116.093	105.709	155.324	130.376	112.196	173.890	110.917	142.857	107.149	155.695	176.861	141.666	184.459	161.509	192.546	163.353	167.295	146.289	143.050
I	189.716	182.787	183.433	109.165	118.814	116.124	142.934	120.431	120.826	109.855	125.420	107.784	135.809	135.753	187.446	175.451	167.820	117.164	130.823	127.959	151.894
J	146.192	112.243	166.084	116.223	176.630	242.558	164.535	159.993	237.169	112.320	135.836	158.499	199.095	188.274	125.954	182.080	168.550	130.670	151.597	195.735	157.899
K	164.561	168.162	286.397	117.073	116.765	244.587	152.700	152.149	68.770	122.772	123.575	104.679	155.392	110.986	101.959	146.006	177.326	179.607	153.789	198.484	142.638
L	113.182	157.937	106.307	135.138	96.267	103.023	103.619	164.600	158.282	113.798	150.262	136.377	137.207	139.225	128.709	112.580	110.522	152.695	156.884	178.295	140.691
M	119.471	109.720	180.243	158.792	100.319	194.374	162.523	110.943	194.227	133.822	196.808	155.111	136.327	124.186	168.254	146.492	101.605	187.742	123.608	168.296	144.710
N	190.726	187.930	119.530	108.866	134.253	120.933	166.721	123.543	179.256	126.278	190.351	112.598	102.805	148.661	283.992	132.516	94.861	125.787	94.190	76.735	146.636
O	133.989	245.659	176.341	140.137	196.413	105.605	174.617	100.451	133.724	196.116	139.631	177.323	105.831	182.335	137.230	153.524	135.623	183.384	98.062	128.912	154.854
P	102.617	149.074	139.064	100.879	247.565	193.758	181.200	169.382	185.725	191.577	168.790	140.382	103.083	127.031	135.699	147.009	176.900	177.068	129.600	182.854	148.761
Q	134.033	177.226	105.986	142.153	122.413	110.010	130.846	134.047	143.797	167.704	154.101	113.395	179.136	110.605	183.742	138.200	116.440	157.393	105.174	174.796	144.342
R	192.730	108.926	107.983	156.365	173.602	132.821	154.203	262.513	139.846	147.452	132.083	105.147	146.153	151.173	123.612	133.269	149.283	182.042	116.337	156.955	143.000
S	105.333	104.239	114.106	118.174	139.800	187.564	110.471	170.623	114.613	179.304	109.318	123.713	142.338	65.513	128.036	132.874	89.624	275.405	158.083	178.369	147.084
T	132.775	187.680	153.639	103.080	131.284	188.517	165.718	145.228	195.003	237.398	66.288	103.276	394.354	67.452	99.781	154.509	173.884	175.633	113.324	151.959	151.743
U	180.764	154.083	120.303	116.990	176.595	112.579	159.417	167.212	162.285	187.205	188.787	65.944	102.251	117.250	69.084	126.793	138.264	155.826	194.001	238.203	146.105
V	193.457	120.818	152.276	120.633	166.201	187.948	189.570	104.927	130.918	108.030	129.781	176.745	117.960	191.763	135.961	194.942	128.965	106.340	113.511	139.616	151.851
W	187.124	186.753	147.577	189.572	138.728	180.109	168.779	177.090	170.430	184.525	145.224	160.500	100.866	162.247	161.341	159.037	172.595	145.566	113.310	112.300	151.404
X	117.314	153.121	131.203	111.173	116.491	171.261	184.093	155.846	95.785	125.641	178.747	188.464	116.289	115.491	129.690	190.482	183.082	189.390	126.959	111.969	153.134
Y	135.443	155.804	144.493	149.780	100.326	205.207	194.421	108.904	176.033	159.724	171.575	160.473	115.568	149.248	250.550	91.848	125.836	395.583	155.001	87.052	169.967
Z	343.312	197.642	134.233	195.432	128.649	197.515	179.087	173.378	136.433	199.492	197.526	129.058	118.561	209.893	134.977	133.276	393.681	150.872	102.068	110.723	159.649

Tabla 2: Tiempos de respuestas para la corrida del teclado numérico y símbolos, en milisegundos

Tecla	Número de Prueba																				Prom
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	111.204	109.664	167.413	143.578	112.335	111.666	167.706	149.639	125.145	185.156	103.835	134.651	128.100	177.130	133.365	151.553	162.590	143.098	137.927	164.407	143.928
2	103.059	122.921	141.277	107.791	137.482	186.373	147.961	124.464	192.972	116.729	148.834	200.564	156.418	108.750	194.030	112.285	198.338	143.655	167.404	125.655	153.447
3	438.623	122.480	109.771	70.702	128.839	116.480	144.124	142.553	132.935	165.003	111.451	156.897	189.182	134.303	144.318	340.775	114.616	139.347	113.535	184.974	153.845
4	114.469	161.324	149.918	138.167	176.571	153.444	160.776	179.165	193.586	159.674	203.280	157.579	142.834	161.981	184.282	121.635	106.030	113.786	106.645	67.765	155.402
5	354.172	134.689	164.315	126.623	143.305	106.485	190.593	198.455	168.691	155.821	125.896	129.252	121.282	153.802	97.964	193.908	188.498	147.016	244.802	117.587	159.044
6	191.372	176.155	194.244	113.489	176.352	119.930	176.472	188.700	150.217	142.840	129.887	102.774	162.723	169.601	101.814	174.527	173.237	151.255	119.093	183.925	151.793
7	107.836	153.836	253.401	69.490	135.246	131.121	100.855	140.409	196.650	179.577	129.902	154.441	108.036	100.636	160.815	185.784	187.180	188.606	150.736	138.566	144.290
8	114.193	223.049	139.207	177.182	125.109	115.365	112.631	129.022	101.155	153.900	172.809	118.667	191.054	122.047	119.339	109.984	115.876	147.879	185.922	124.092	151.757
9	202.214	173.794	97.984	159.877	416.665	175.118	130.084	163.746	114.090	180.709	114.610	190.906	98.452	144.184	136.425	197.529	157.896	150.007	140.240	127.257	162.581
0	127.859	171.547	161.002	117.907	192.062	101.974	171.473	125.475	148.665	131.744	192.227	146.349	197.481	188.411	245.847	108.624	113.916	304.430	129.475	154.971	148.043
.	68.221	119.298	141.249	120.809	154.991	131.664	112.279	140.585	95.800	122.472	93.771	131.991	112.147	216.478	175.989	151.299	127.030	112.528	176.512	185.152	138.579
,	124.700	128.665	163.619	180.434	149.477	125.074	128.189	104.877	161.458	159.340	181.860	77.347	145.773	153.297	120.271	222.043	102.353	192.643	114.110	117.358	147.865
?	124.261	128.238	190.268	109.137	176.716	138.768	162.101	178.823	102.444	115.563	164.840	180.081	159.934	143.099	163.888	180.958	192.621	148.620	186.654	115.065	144.869
:	194.486	97.133	72.529	157.062	128.152	78.461	130.288	176.152	192.568	127.199	113.546	164.475	87.579	112.019	112.258	149.049	113.123	82.062	306.722	138.159	147.284
!	178.024	164.841	117.745	167.726	190.006	176.072	177.935	198.856	115.446	235.398	138.940	126.398	65.429	142.313	127.428	190.221	97.316	128.246	161.764	258.226	154.877
@	173.987	132.838	159.429	100.534	110.682	154.465	157.716	117.338	199.395	109.987	75.787	100.301	114.084	127.119	370.023	171.410	129.258	213.188	185.506	133.724	154.717
#	163.003	162.369	154.102	156.995	190.302	160.929	113.856	127.492	283.143	116.230	196.740	158.092	161.998	121.751	115.118	62.380	145.002	329.290	63.220	169.951	147.562
\$	215.025	109.491	146.217	130.968	108.280	153.887	176.465	138.559	114.440	177.464	162.521	124.000	111.796	123.654	117.401	76.024	138.808	100.477	103.828	221.203	141.192
%	118.564	130.773	159.203	140.526	176.624	168.607	181.400	171.917	180.450	65.032	142.269	123.730	6								

B.2. Tablas de resultados

Tabla 3: Tiempos de respuestas para la corrida de teclados de comandos, en milisegundos

Tecla	Número de Prueba																				Prom
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
ESC	67.751	82.593	116.861	332.238	100.074	184.833	268.924	103.242	140.768	279.108	60.456	156.119	325.604	84.453	134.100	287.222	164.007	191.470	108.402	151.496	158.077
F1	112.823	140.552	170.971	149.692	112.126	175.162	191.324	145.721	144.612	196.218	166.339	180.872	113.938	125.395	194.948	102.977	158.565	146.458	144.950	109.710	147.236
F2	197.254	68.867	133.638	62.454	133.659	233.660	137.459	103.244	199.704	160.255	136.683	180.712	113.482	122.459	146.617	185.051	160.377	125.068	151.035	154.409	141.934
F3	130.270	192.862	115.759	195.710	145.857	156.796	147.491	68.000	60.934	77.549	143.226	104.472	248.817	135.157	179.790	119.835	124.809	170.446	116.977	136.497	144.514
F4	110.968	147.315	177.806	164.827	136.929	111.331	191.846	182.503	163.155	113.409	191.456	161.476	157.244	117.210	159.842	161.453	183.388	130.075	140.127	106.935	147.296
F5	149.102	128.828	164.530	121.215	139.347	122.698	177.414	126.090	198.296	190.490	123.101	132.968	161.510	130.168	126.250	112.777	103.511	148.033	174.791	151.422	145.697
F6	187.856	141.038	154.337	127.907	136.643	109.566	104.494	106.817	104.767	196.368	183.147	174.838	188.441	106.591	176.402	108.782	175.549	161.240	183.250	117.317	149.461
F7	149.483	104.907	108.705	249.246	149.220	71.352	179.489	104.974	167.665	256.166	61.397	187.015	107.641	117.532	180.355	172.108	171.087	165.219	156.342	173.194	155.300
F8	160.661	198.544	142.366	126.256	122.820	135.915	73.637	147.751	172.522	188.530	140.049	196.092	172.560	169.708	162.657	155.799	127.821	141.801	244.004	199.425	152.465
F9	144.410	154.637	153.765	131.213	183.772	171.541	106.650	165.522	170.752	183.643	104.227	155.339	130.372	102.898	186.574	111.146	133.632	153.160	116.001	160.447	145.618
F10	166.625	104.197	110.134	122.941	124.438	187.348	160.053	156.240	165.655	105.861	182.717	167.635	177.889	181.834	115.231	113.631	103.576	155.641	185.640	117.748	153.783
F11	161.561	169.702	116.047	139.923	191.235	157.534	195.494	119.792	182.007	167.822	198.949	192.400	176.279	108.431	153.138	187.405	113.022	180.495	220.313	114.745	154.945
F12	192.697	323.192	94.150	176.430	116.355	118.799	195.674	153.841	179.595	178.579	122.753	272.170	108.191	124.400	153.260	72.765	123.160	62.332	117.828	65.355	149.341
TAB	116.750	148.932	151.587	158.847	168.144	162.751	168.455	183.753	118.894	178.567	144.724	191.895	158.077	106.648	174.341	153.934	111.395	189.928	116.397	182.784	151.189
CAPS	184.804	110.454	158.356	163.990	147.069	193.598	158.178	112.982	165.769	100.512	170.693	107.745	103.633	196.307	132.300	165.587	145.699	190.123	165.344	152.311	149.254
SHIFT	155.926	180.996	150.218	134.564	114.812	133.780	199.385	126.850	182.836	191.569	123.769	108.200	142.822	102.063	137.337	134.755	181.572	115.205	141.668	186.396	144.716
CONTROL	111.376	113.462	251.940	120.857	109.996	102.567	120.400	134.551	95.593	133.192	134.886	137.625	112.066	107.012	151.972	190.413	112.046	316.977	156.933	130.041	143.035
ALT	166.265	150.008	148.508	135.710	150.460	163.878	158.588	143.364	125.378	106.392	172.197	120.872	156.953	180.927	112.859	131.552	145.125	139.735	178.595	90.124	152.487
WINDOWS	131.477	111.952	106.605	231.874	178.430	155.723	181.205	116.888	195.212	184.422	126.032	185.783	178.727	134.540	122.930	154.726	165.458	327.801	120.151	112.040	154.553
UP	318.020	146.059	177.406	151.941	199.364	107.062	102.711	183.361	123.219	103.518	89.746	137.108	156.132	167.427	160.878	157.574	131.118	122.783	113.494	111.213	149.335
DOWN	309.613	88.061	192.196	177.773	191.198	101.601	191.173	112.187	129.559	154.021	198.981	100.313	159.247	68.309	104.367	138.485	168.893	125.275	196.179	105.844	152.891
LEFT	111.622	198.632	163.821	180.252	155.611	119.448	182.027	104.783	175.618	111.762	188.741	175.915	177.543	130.517	164.735	193.160	107.489	178.097	156.667	125.907	149.789
RIGHT	138.627	191.831	196.641	139.032	176.416	140.547	108.239	124.200	111.458	155.862	149.628	189.636	129.968	136.291	100.407	193.862	107.711	101.991	139.091	157.781	147.828
INSERT	100.824	188.657	187.154	115.231	182.744	122.026	175.330	157.150	166.486	190.627	159.231	107.456	117.562	187.200	112.706	123.470	186.008	178.724	159.096	106.200	147.317
HOME	122.135	271.375	108.159	124.288	152.733	72.691	123.844	62.613	118.441	65.401	309.795	87.965	192.099	177.461	190.749	102.207	190.899	112.648	129.514	153.765	149.589
PAGE UP	175.965	111.979	188.352	176.341	177.768	129.849	165.317	193.611	107.890	157.541	167.007	191.012	158.510	107.794	118.119	187.555	112.046	123.671	185.972	178.484	150.774
PAGE DOWN	122.189	271.753	108.750	124.520	153.114	153.206	123.765	103.033	182.776	123.221	103.636	90.566	136.405	156.243	166.595	161.262	193.600	107.490	178.124	155.917	156.279
DELETE	117.321	194.842	184.078	125.511	185.872	178.872	135.257	122.507	155.317	166.078	317.839	146.134	176.703	152.100	199.142	157.323	166.635	190.861	159.078	103.506	159.811
END	310.047	88.158	191.799	177.576	190.661	112.928	166.221	100.198	170.330	107.637	103.260	195.874	132.117	111.902	129.711	153.944	199.152	100.166	159.095	156.692	153.069
PRINT	176.979	152.111	199.306	107.107	102.672	182.519	188.845	175.744	177.513	129.967	165.041	193.012	107.463	177.800	155.901	125.254	100.563	171.204	107.530	168.773	147.628
SCROLL	187.789	159.844	134.687	122.560	148.183	135.752	150.223	164.129	157.819	143.289	125.447	119.202	181.838	104.115	107.424	117.312	187.382	111.829	104.540	176.447	143.644
PAUSE	152.033	122.672	124.498	187.505	159.636	179.269	185.998	95.870	133.482	135.062	171.945	121.380	157.049	181.597	112.600	131.938	145.620	138.806	178.786	90.191	153.779
BACKSPACE	198.800	192.611	176.454	109.222	153.395	186.974	113.127	180.527	220.159	114.079	62.639	138.398	65.552	309.789	88.084	192.635	177.424	190.843	187.209	187.291	162.261

Tabla 4: Tiempos de respuestas para los click del ratón, en milisegundo.

Fuente: Elaboración propia

	Número de Prueba																				Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
C. DERECHO	104.048	212.607	139.416	105.794	116.524	162.538	148.423	193.641	133.107	126.935	162.977	109.317	266.897	144.342	141.644	148.08	144.413	248.395	118.007	206.111	156.66071
C. IZQUIERDO	105.984	116.63	130.031	123.932	141.767	225.419	203.279	120.381	136.149	149.3	106.356	108.934	143.308	62.1896	148.546	107.154	129.105	132.222	144.834	140.116	133.78184

B.2.2. Resumen de los resultados de validación

Tabla 5: Resumen del cumplimiento de las métricas a partir de la validación.

Fuente: Elaboración propia

#	Métricas	Valor Ideal	Valor resultante de las pruebas	Cumplimiento del criterio
1	Fuerza necesaria para desconectar el conector	20 N	31.9 N	Se cumple
2	Permite el control	Sí	Sí	Se cumple
3	Existe un sistema de autenticación	Sí	Sí	Se cumple
4	Desconecta los puertos conectados	1	2	Se cumple
5	Cantidad de computadores	1	2	Se cumple
6	Tiempo de instalación inicial	30 min	9.1 min	Se cumple
7	Tamaño	10x10x10 cm	9x9x7.5	Se cumple
8	Cantidad de intervenciones	3	0	Se cumple
9	Costo del proyecto	500 \$	166.08 \$	Se cumple
10	Latencia del teclado	150 ms	149.935	Se cumple
	Latencia del ratón		145.221	Se cumple

B.3. Textos usados para las pruebas del teclado

B.3.1. Texto 1:

“Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aenean commodo ligula eget dolor. Aenean massa. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Donec quam felis, ultricies nec, pellentesque eu, pretium quis, sem. Nulla consequat massa quis enim. Donec pede justo, fringilla vel, aliquet nec, vulputate eget, arcu. In enim justo, rhoncus ut, imperdiet a, venenatis vitae, justo. Nullam dictum felis eu pede mollis pretium. Integer tincidunt. Cras dapibus. Vivamus elementum semper nisi. Aenean vulputate eleifend tellus. Aenean leo ligula, porttitor eu, consequat vitae, eleifend ac, enim. Aliquam lorem ante, dapibus in, viverra quis, feugiat a,

B.3.2. Texto 2:

“Nam sapien felis, dapibus vel aliquam quis, tempor a augue. Suspendisse sit amet sollicitudin neque, non vehicula tellus. Nunc bibendum fringilla velit non maximus. Aliquam elementum faucibus consequat. Praesent gravida ut arcu et pulvinar. Mauris nec tempor dui. Nulla ultricies fermentum orci id mollis. Mauris non maximus enim. Mauris ac vehicula diam, eget malesuada erat. Donec nec efficitur mauris, sodales lobortis massa. Curabitur tincidunt maximus nibh, volutpat ullamcorper nisi eleifend quis. Vivamus auctor id urna eu venenatis. Duis iaculis mauris augue, sit amet rutrum sem pharetra a. Mauris ac nisl vel ligula blandit consequat nec et leo. Mauris a interdum augue.

B.4. Código utilizado para el proyecto

B.4.1. Algoritmo utilizado para la recolección de tiempo para eventos del teclado

```
1 import keyboard
2 import time
3
4 import datetime
5
6
7 f = open("log_keys.txt", "a")
8
9 try:
10     while True:
11         f = open("log_keys.txt", "a")
12         if keyboard.KEY_DOWN: #Se oñ[U+FFFD] si se ha presionado una tecla
13             now = datetime.datetime.now() #Se obtiene el tiempo exacto
14             del evento
15             f.write(str(keyboard.read_event().name) + "_" + str(now.second) + "_" + str(now.microsecond) + "\n")
```

B.4. Código utilizado para el proyecto

```
15         #Se guarda el dato en un archivo txt
16         print(keyboard.read_event().name,now.second , now.microsecond)
17         #time.sleep(0.2)
18     f.close()
19 except KeyboardInterrupt:
20     f.close()
21     sys.exit()
```

B.4.2. Algoritmo utilizado para la recolección de tiempo para eventos del ratón

```
1 import win32api
2 import time
3 import datetime
4
5 state_left = win32api.GetKeyState(0x01) # Izquierdo presionado = 0 o 1.
6         Suelto = -127 or -128
7 state_right = win32api.GetKeyState(0x02) # Derecho presionado = 0 o 1.
8         Suelto = -127 or -128
9
10 while True:
11     f = open("log_mouse.txt", "a")
12     a = win32api.GetKeyState(0x01) #Se obtiene el estado actual
13     b = win32api.GetKeyState(0x02)
14
15     if a != state_left: # Se detecta cambio del estado
16         state_left = a
17
18         if a < 0:
19             print('Left Button Pressed')
20             now = datetime.datetime.now()
21             f.write("LEFT" + "_" + str(now.second) + "_" + str(now.
22                 microsecond) + "\n") #Se guarda en un archivo txt
23         else:
24             print('Left Button Released')
25
26     if b != state_right: # Se detecta cambio del estado
27         state_right = b
28
29         if b < 0:
30             print('Right Button Pressed')
31             now = datetime.datetime.now()
32             f.write("RIGHT" + "_" + str(now.second) + "_" + str(now.
33                 microsecond) + "\n") #Se guarda en un archivo txt
34         else:
35             print('Right Button Released')
36     time.sleep(0.001)
```

B.4.3. Principal

```
1 #!/usr/bin/env python
2 #Libraries imports
```

B.4. Código utilizado para el proyecto

```
3 import logging
4 import os
5
6 import flask
7 from flask.app import Flask
8 import flask_wtf
9 from flask import render_template, request, session, url_for, redirect,
    Response
10 from camera import VideoCamera
11 import mysql.connector
12 from werkzeug import exceptions
13 import threading
14 import time
15
16 import api
17 import json_response
18 import socket_api
19 import views
20 import datetime
21 from find_files import find as find_files
22
23 #For servomotor
24 from gpiozero import Servo
25 import RPi.GPIO as GPIO
26 from time import sleep
27 #
28
29 #Declaration of the database conector
30 database = mysql.connector.connect(user='root',password='26799',
31                                   host='127.0.0.1',
32                                   database='login')
33 cursor = database.cursor()
34 #
35 #Declaration of the server
36 host = os.environ.get('HOST', '127.0.0.1')
37 port = int(os.environ.get('PORT', 8000))
38 debug = 'DEBUG' in os.environ
39
40
41 app = flask.Flask(__name__, static_url_path='')
42 app.config.update(
43     SECRET_KEY=os.urandom(32),
44     TEMPLATES_AUTO_RELOAD=True,
45     WTF_CSRF_TIME_LIMIT=None,
46     CACHE_TYPE=None,
47 )
48 app.config.from_envvar('APP_SETTINGS_FILE')
49 #
50
51 #Define the pins that you want to be controlled
52 servopin = 26
53 servopin2 = 16
54 sensorpin = 5
55 sensorpin2 = 6
```

```

56
57
58 GPIO.setmode(GPIO.BCM)
59 #Defining pins as outputs or inputs
60 GPIO.setup(servopin ,GPIO.OUT)
61 GPIO.setup(servopin2 ,GPIO.OUT)
62
63 GPIO.setup(sensorpin ,GPIO.IN)
64 GPIO.setup(sensorpin2 ,GPIO.IN)
65
66 usb =GPIO.PWM(servopin ,50)
67 usb.start(0)
68 sorc =GPIO.PWM(servopin2 ,50)
69 sorc.start(0)
70
71
72 #Definiton of the routes for the web page
73 @app.route('/home')
74 def home():
75     return render_template('index.html',custom_elements_files=find_files.
        custom_elements_files())
76
77 @app.route('/connections')
78 def connect():
79     return render_template('connections.html',custom_elements_files=
        find_files.custom_elements_files())
80
81 @app.route("/<device><action>")
82 def action(device , action):
83
84     if device == 'source':
85         p = sorc
86     if device == 'usb':
87         p = usb
88     if action == 'on':
89         p.ChangeDutyCycle(1.5)
90         sleep(1)
91     if action == 'off':
92         p.ChangeDutyCycle(5)
93         sleep(1)
94     p.ChangeDutyCycle(40)
95     return render_template('connections.html',custom_elements_files=
        find_files.custom_elements_files())
96
97
98 @app.route('/',methods=['GET', 'POST'])
99 def login():
100     if request.method == 'POST' and 'username' in request.form and '
        password' in request.form:
101         # Create variables with infor form database
102         username = request.form['username']
103         password = request.form['password']
104         cursor.execute("SELECT * FROM login WHERE username = %s AND
        password = %s",(username ,password))

```

```

105     # Fetch one record and return result
106     info = cursor.fetchone()
107     if info:
108         if info[0] == username :
109             if info[1] == password:
110                 msg = "login succesfull"
111                 return render_template(
112                     'index.html',
113                     custom_elements_files=find_files.
custom_elements_files(),msg=msg)
114
115                 else:
116                     msg = "Incorrect password "
117                     return render_template(
118                         'index.html',
119                         custom_elements_files=find_files.
custom_elements_files(),msg=msg)
120                 else:
121                     # Account doesnt exist or username/password incorrect
122                     msg = 'Incorrect username/password!'
123                     return render_template(
124                         'login.html',
125                         ustom_elements_files=find_files.custom_elements_files
(
),msg=msg)
126                 else:
127                     msg = "The user doesnt have permission"
128
129                 return render_template(
130                     'login.html',
131                     custom_elements_files=find_files.custom_elements_files(),msg =
msg)
132
133 #Main function , gets the server starting.
134 def main():
135     socketio = socket_api.socketio
136     socketio.init_app(app)
137     socketio.run(app,
138                 host=host,
139                 port=port,
140                 debug=debug,
141                 use_reloader=use_reloader,
142                 extra_files=find_files.all_frontend_files())
143
144 if __name__ == '__main__':
145     main()

```

B.4.4. Conversor de tecla a HID para linux

```

1 from hid import keycodes as hid
2 class Error(Exception):
3     pass
4 class UnrecognizedKeyCodeError(Error):
5     pass
6 _MODIFIER_KEYCODES = [

```

B.4. Código utilizado para el proyecto

```
7     'AltLeft' ,
8     'AltRight' ,
9     'ControlLeft' ,
10    'ControlRight' ,
11    'MetaLeft' ,
12    'MetaRight' ,
13    'ShiftLeft' ,
14    'ShiftRight' ,
15 ]
16 _MAPPING = {
17     'AltLeft' : hid.KEYCODE_LEFT_ALT,
18     'AltRight' : hid.KEYCODE_RIGHT_ALT,
19     'ArrowDown' : hid.KEYCODE_DOWN_ARROW,
20     'ArrowLeft' : hid.KEYCODE_LEFT_ARROW,
21     'ArrowRight' : hid.KEYCODE_RIGHT_ARROW,
22     'ArrowUp' : hid.KEYCODE_UP_ARROW,
23     'Backquote' : hid.KEYCODE_ACCENT_GRAVE,
24     'Backslash' : hid.KEYCODE_BACKSLASH,
25     'Backspace' : hid.KEYCODE_BACKSPACE_DELETE,
26     'BracketLeft' : hid.KEYCODE_LEFT_BRACKET,
27     'BracketRight' : hid.KEYCODE_RIGHT_BRACKET,
28     'CapsLock' : hid.KEYCODE_CAPS_LOCK,
29     'Comma' : hid.KEYCODE_COMMA,
30     'ContextMenu' : hid.KEYCODE_CONTEXT_MENU,
31     'ControlLeft' : hid.KEYCODE_LEFT_CTRL,
32     'ControlRight' : hid.KEYCODE_RIGHT_CTRL,
33     'Delete' : hid.KEYCODE_DELETE,
34     'Digit0' : hid.KEYCODE_NUMBER_0,
35     'Digit1' : hid.KEYCODE_NUMBER_1,
36     'Digit2' : hid.KEYCODE_NUMBER_2,
37     'Digit3' : hid.KEYCODE_NUMBER_3,
38     'Digit4' : hid.KEYCODE_NUMBER_4,
39     'Digit5' : hid.KEYCODE_NUMBER_5,
40     'Digit6' : hid.KEYCODE_NUMBER_6,
41     'Digit7' : hid.KEYCODE_NUMBER_7,
42     'Digit8' : hid.KEYCODE_NUMBER_8,
43     'Digit9' : hid.KEYCODE_NUMBER_9,
44     'End' : hid.KEYCODE_END,
45     'Enter' : hid.KEYCODE_ENTER,
46     'Equal' : hid.KEYCODE_EQUAL_SIGN,
47     'Escape' : hid.KEYCODE_ESCAPE,
48     'F1' : hid.KEYCODE_F1,
49     'F2' : hid.KEYCODE_F2,
50     'F3' : hid.KEYCODE_F3,
51     'F4' : hid.KEYCODE_F4,
52     'F5' : hid.KEYCODE_F5,
53     'F6' : hid.KEYCODE_F6,
54     'F7' : hid.KEYCODE_F7,
55     'F8' : hid.KEYCODE_F8,
56     'F9' : hid.KEYCODE_F9,
57     'F10' : hid.KEYCODE_F10,
58     'F11' : hid.KEYCODE_F11,
59     'F12' : hid.KEYCODE_F12,
60     'F13' : hid.KEYCODE_F13,
```

B.4. Código utilizado para el proyecto

```
61 'F14': hid.KEYCODE_F14,
62 'F15': hid.KEYCODE_F15,
63 'F16': hid.KEYCODE_F16,
64 'F17': hid.KEYCODE_F17,
65 'F18': hid.KEYCODE_F18,
66 'F19': hid.KEYCODE_F19,
67 'F20': hid.KEYCODE_F20,
68 'F21': hid.KEYCODE_F21,
69 'F22': hid.KEYCODE_F22,
70 'F23': hid.KEYCODE_F23,
71 'Home': hid.KEYCODE_HOME,
72 'Insert': hid.KEYCODE_INSERT,
73 'IntlBackslash': hid.KEYCODE_102ND,
74 'KeyA': hid.KEYCODE_A,
75 'KeyB': hid.KEYCODE_B,
76 'KeyC': hid.KEYCODE_C,
77 'KeyD': hid.KEYCODE_D,
78 'KeyE': hid.KEYCODE_E,
79 'KeyF': hid.KEYCODE_F,
80 'KeyG': hid.KEYCODE_G,
81 'KeyH': hid.KEYCODE_H,
82 'KeyI': hid.KEYCODE_I,
83 'KeyJ': hid.KEYCODE_J,
84 'KeyK': hid.KEYCODE_K,
85 'KeyL': hid.KEYCODE_L,
86 'KeyM': hid.KEYCODE_M,
87 'KeyN': hid.KEYCODE_N,
88 'KeyO': hid.KEYCODE_O,
89 'KeyP': hid.KEYCODE_P,
90 'KeyQ': hid.KEYCODE_Q,
91 'KeyR': hid.KEYCODE_R,
92 'KeyS': hid.KEYCODE_S,
93 'KeyT': hid.KEYCODE_T,
94 'KeyU': hid.KEYCODE_U,
95 'KeyV': hid.KEYCODE_V,
96 'KeyW': hid.KEYCODE_W,
97 'KeyX': hid.KEYCODE_X,
98 'KeyY': hid.KEYCODE_Y,
99 'KeyZ': hid.KEYCODE_Z,
100 'MetaLeft': hid.KEYCODE_LEFT_META,
101 'MetaRight': hid.KEYCODE_RIGHT_META,
102 'Minus': hid.KEYCODE_MINUS,
103 'Numpad0': hid.KEYCODE_NUMPAD_0,
104 'Numpad1': hid.KEYCODE_NUMPAD_1,
105 'Numpad2': hid.KEYCODE_NUMPAD_2,
106 'Numpad3': hid.KEYCODE_NUMPAD_3,
107 'Numpad4': hid.KEYCODE_NUMPAD_4,
108 'Numpad5': hid.KEYCODE_NUMPAD_5,
109 'Numpad6': hid.KEYCODE_NUMPAD_6,
110 'Numpad7': hid.KEYCODE_NUMPAD_7,
111 'Numpad8': hid.KEYCODE_NUMPAD_8,
112 'Numpad9': hid.KEYCODE_NUMPAD_9,
113 'NumpadMultiply': hid.KEYCODE_NUMPAD_MULTIPLY,
114 'NumpadPlus': hid.KEYCODE_NUMPAD_PLUS,
```

```
115 'NumpadMinus': hid.KEYCODE_NUMPAD_MINUS,
116 'NumpadDecimal': hid.KEYCODE_NUMPAD_DOT,
117 'NumpadDivide': hid.KEYCODE_NUMPAD_DIVIDE,
118 'NumpadEnter': hid.KEYCODE_NUMPAD_ENTER,
119 'NumLock': hid.KEYCODE_NUM_LOCK,
120 'OSLeft': hid.KEYCODE_LEFT_META,
121 'OSRight': hid.KEYCODE_RIGHT_META,
122 'PageUp': hid.KEYCODE_PAGE_UP,
123 'PageDown': hid.KEYCODE_PAGE_DOWN,
124 'Pause': hid.KEYCODE_PAUSE_BREAK,
125 'Period': hid.KEYCODE_PERIOD,
126 'PrintScreen': hid.KEYCODE_PRINT_SCREEN,
127 'Quote': hid.KEYCODE_SINGLE_QUOTE,
128 'ScrollLock': hid.KEYCODE_SCROLL_LOCK,
129 'Select': hid.KEYCODE_SELECT,
130 'Semicolon': hid.KEYCODE_SEMICOLON,
131 'ShiftLeft': hid.KEYCODE_LEFT_SHIFT,
132 'ShiftRight': hid.KEYCODE_RIGHT_SHIFT,
133 'Space': hid.KEYCODE_SPACEBAR,
134 'Slash': hid.KEYCODE_FORWARD_SLASH,
135 'Tab': hid.KEYCODE_TAB,
136 }
137 def convert(keystroke):
138     return _map_modifier_keys(keystroke), _map_keycode(keystroke)
139 def _map_modifier_keys(keystroke):
140     modifier_bitmask = 0
141
142     if keystroke.left_ctrl_modifier:
143         modifier_bitmask |= hid.MODIFIER_LEFT_CTRL
144     if keystroke.right_ctrl_modifier:
145         modifier_bitmask |= hid.MODIFIER_RIGHT_CTRL
146
147     if keystroke.left_shift_modifier:
148         modifier_bitmask |= hid.MODIFIER_LEFT_SHIFT
149     if keystroke.right_shift_modifier:
150         modifier_bitmask |= hid.MODIFIER_RIGHT_SHIFT
151
152     if keystroke.left_alt_modifier:
153         modifier_bitmask |= hid.MODIFIER_LEFT_ALT
154     if keystroke.right_alt_modifier:
155         modifier_bitmask |= hid.MODIFIER_RIGHT_ALT
156
157     if keystroke.left_meta_modifier:
158         modifier_bitmask |= hid.MODIFIER_LEFT_META
159     if keystroke.right_meta_modifier:
160         modifier_bitmask |= hid.MODIFIER_RIGHT_META
161
162     return modifier_bitmask
163
164 def _map_keycode(keystroke):
165     if (keystroke.code in _MODIFIER_KEYCODES and
166         _count_modifiers(keystroke) == 1):
167         return hid.KEYCODE_NONE
168
```

```

169     try:
170         return _MAPPING[keystroke.code]
171     except KeyError as e:
172         raise UnrecognizedKeyCodeError('Unrecognized key code %s (%s)' %
173                                         (keystroke.key, keystroke.code))
174
175     from e
176
177 def _count_modifiers(keystroke):
178     return (int(keystroke.left_ctrl_modifier) +
179            int(keystroke.right_ctrl_modifier) +
180            int(keystroke.left_shift_modifier) +
181            int(keystroke.right_shift_modifier) +
182            int(keystroke.left_alt_modifier) +
183            int(keystroke.right_alt_modifier) +
184            int(keystroke.left_meta_modifier) +
185            int(keystroke.right_meta_modifier))

```

B.4.5. Definición de la interfaz principal

```

1 <!DOCTYPE html>
2 <html lang="en">
3   <head>
4     <meta charset="utf-8" />
5     <title>
6       {{ page_title_prefix }}Proyecto Remoto
7     </title>
8     <link rel="stylesheet" type="text/css" href="/css/style.css" />
9     <link rel="icon" type="image/x-icon" href="/favicon.ico" />
10    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1" /
11    >
12    <meta name="csrf-token" content="{{ csrf_token() }}" />
13  </head>
14  <body>
15    <remote-screen
16      id="remote-screen"
17      milliseconds-between-mouse-events="600"
18    ></remote-screen>
19
20    <div class="split">
21      <div class="left">
22        <on-screen-keyboard id="on-screen-keyboard"></on-screen-
23        keyboard>
24      </div>
25      <div class="right">
26        <button id="btn-connect" onclick="location.href='/connections
27        '; ">Manage connections</button>
28      </div>
29      <button id="btn-logout" onclick="location.href='/'; ">Log out</
30      button>
31    </div>

```

```
32 </div>
33 {% include "components/paste-overlay.html" %}
34 <script src="/third-party/socket.io/3.1.3/socket.io.min.js"></script>
35 <script src="/js/paste.js"></script>
36 <script type="module" src="/js/app.js"></script>
37
38 <div style="opacity: 0;">
39   <!-- Force browser to preload font variants in order to
40     prevent potential display flickering -->
41   <span class="monospace"></span>
42   <strong></strong>
43 </div>
44 </body>
```

B.4.6. Definición de la interfaz de acceso

```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html lang="en">
3
4 <head>
5   <meta charset="UTF-8">
6   <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0"
7   >
8   <meta name="csrf-token" content="{{ csrf_token() }}" />
9   <title>Remote Control Project</title>
10  <link rel="stylesheet" type="text/css" href="/css/loginstyle.css"/
11  >
12  <script defer src="/js/login.js"></script>
13 </head>
14
15 <body>
16
17   <div class="loginbox">
18     
19     <h1>Login</h1>
20
21     <form id="login-form" method="POST">
22       <input type="hidden" name="csrf_token" value="{{ csrf_token()
23       }}" />
24       <p>Username</p>
25       <input type="text" name="username" placeholder="Enter your
26       Username" id="username">
27       <p>Password</p>
28       <input type="password" name="password" placeholder="Enter
29       Password" id="password">
30       <input type="submit" name="" value="Login" id="login-form-
31       submit">
32
33     </form>
34   <div id="msg"> {{ msg }}</div>
35
36 </div>
```

33 </body>

B.4.7. Definición de la interfaz de conexiones

```

1 <!DOCTYPE html>
2 <html lang="en">
3
4 <head>
5     <meta charset="UTF-8">
6     <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0"
7     >
8     <meta name="csrf-token" content="{ { csrf_token() } }" />
9     <title>CMotor control</title>
10    <link rel="stylesheet" type="text/css" href="/css/loginstyle.css"/
11    >
12    <script defer src="/js/motor.js"></script>
13</head>
14<body>
15    <h1>Manage connections</h1>
16    <h2> Manage power connector:
17    <h3>
18        <a href="/source/on" class="button">TURN ON</a>
19        <a href="/source/off" class="button">TURN OFF</a>
20    </h3>
21    <h3> Status:
22    <span class="dot"></span>
23    </h3>
24    </h2>
25    <h2> Manage USB connection:
26    <h3>
27        <a href="/usb/on" class="button">TURN ON</a>
28        <a href="/usb/off" class="button">TURN OFF</a>
29    </h3>
30    <h3> Status:
31    <span class="dot"></span>
32    </h3>
33    </h2>
34    <h3> <a href="/home" class="button">Go back</a></h3>
35</body>
36
37</html>

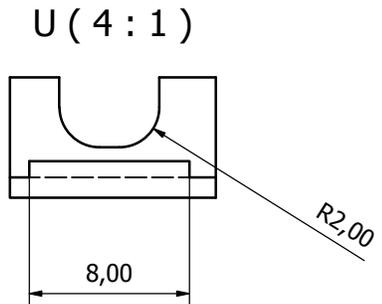
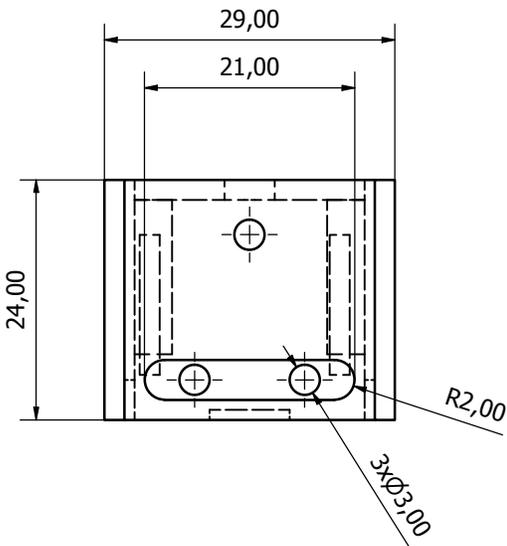
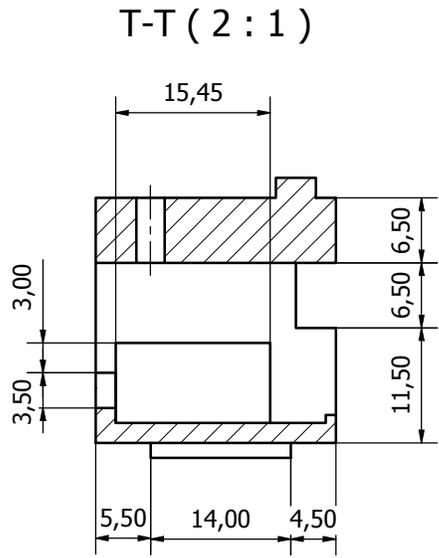
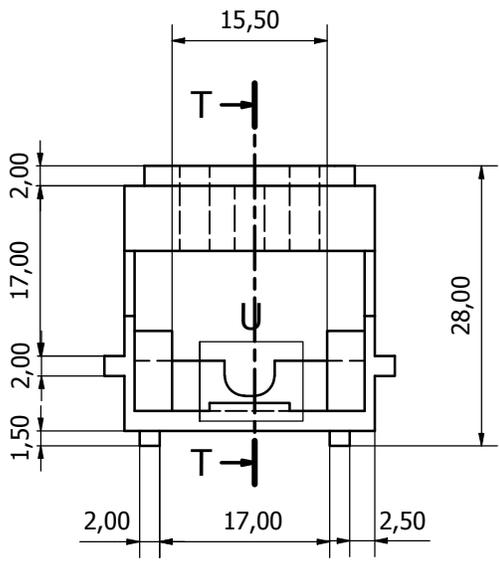
```

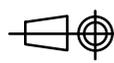
Anexos C

C.5. Planos

8 7 6 5 4 3 2 1

F
E
D
C
B
A

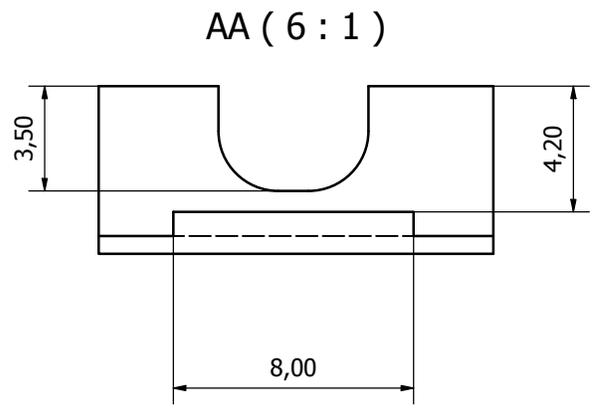
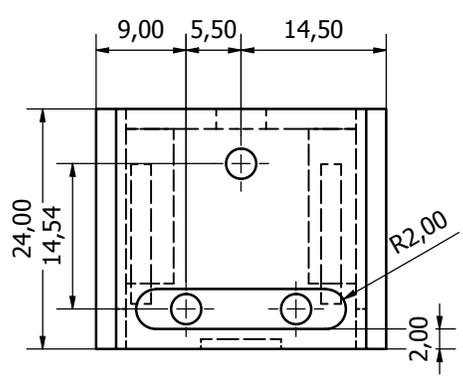
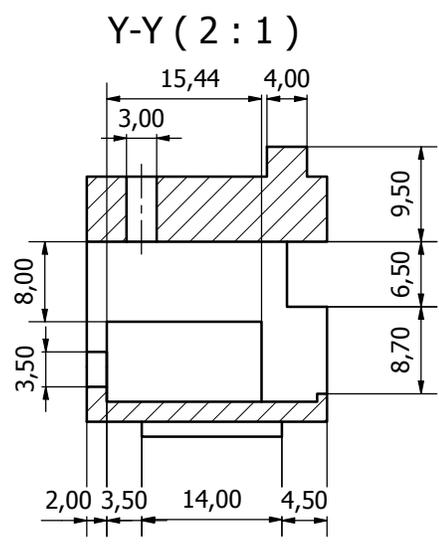
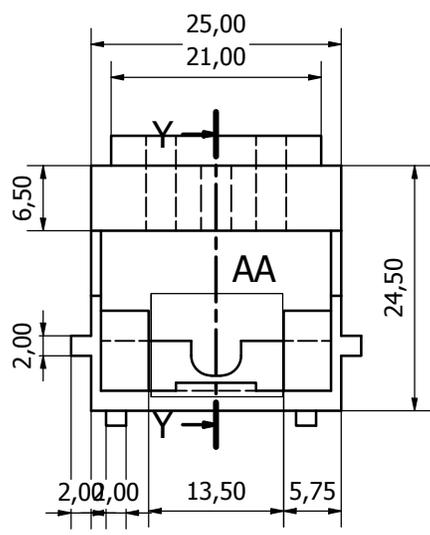


 Tecnológico de Costa Rica				AREA ACADÉMICA INGENIERÍA MECATRÓNICA CURSO: PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN		REVISIÓN: A	
NOMBRE DIBUJ. K.QUESADA		FIRMA		FECHA 07/11/21		ACABADO GENERAL N11	
VERIF.		APROB.		MATERIAL: PLA		DESIGNACIÓN: CONECTOR 1	
FABR. NA		SISTEMA:		TOLERANCIAS: LINEAL: X ±0,25 X ±0,1 XX ±0,05 XXX ±0,01 ANGULAR: ±0,1°		TOLERANCIA EN: mm	
		PESO: N/A		PROYECTO: Sistema de desconexión		ESCALA: 2 : 1	
UNIDADES: mm				FORMATO: A3		Hoja 2 de 7	

8 7 6 5 4 3 2 1

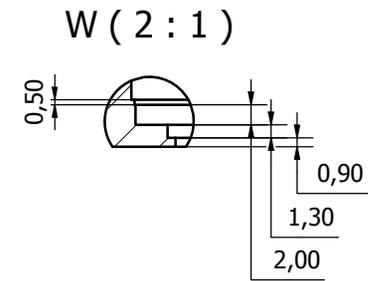
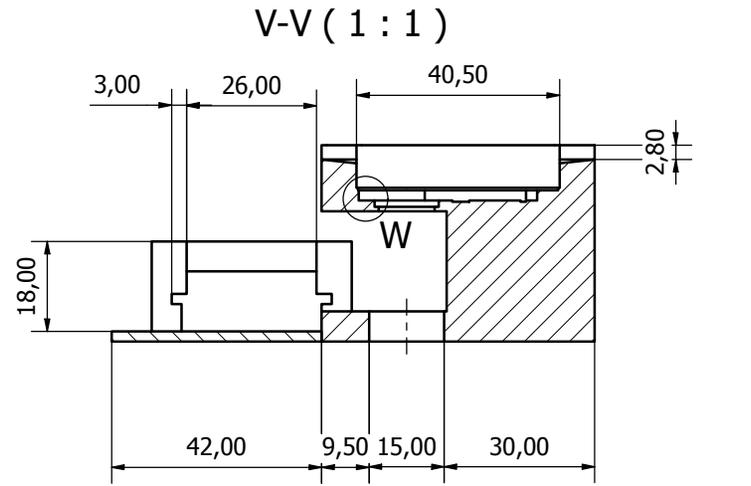
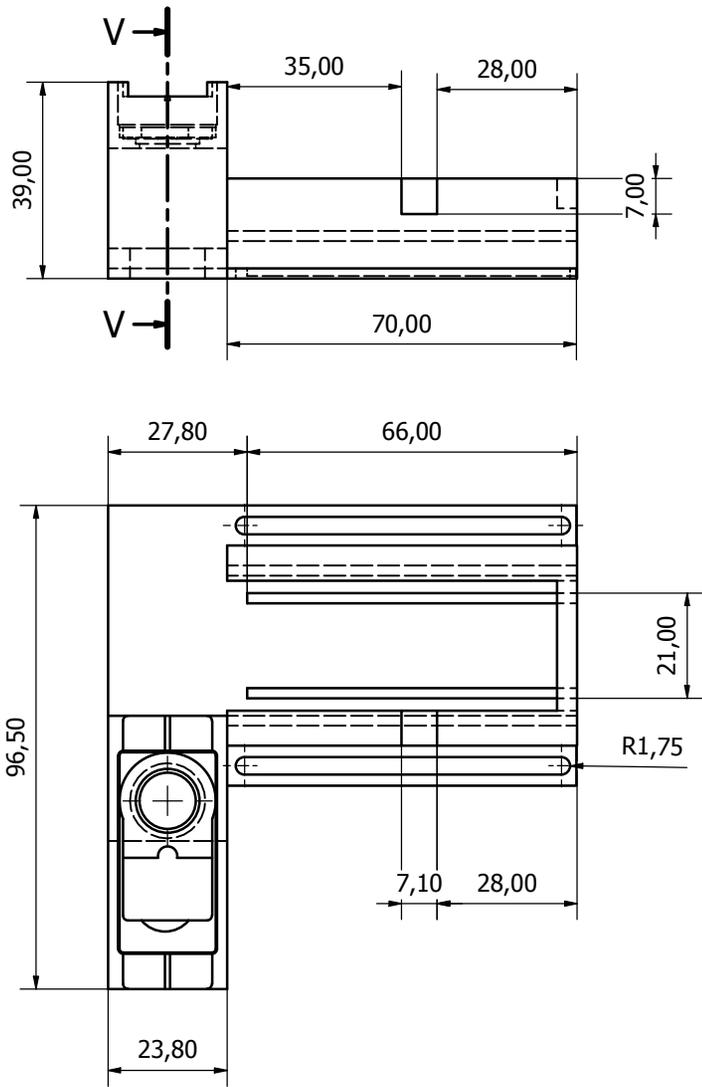
8 7 6 5 4 3 2 1

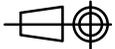
F
E
D
C
B
A

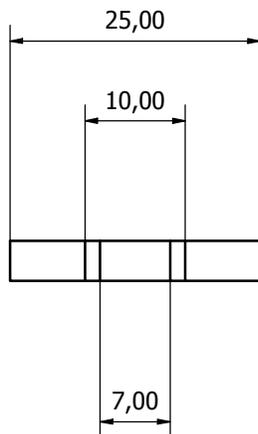
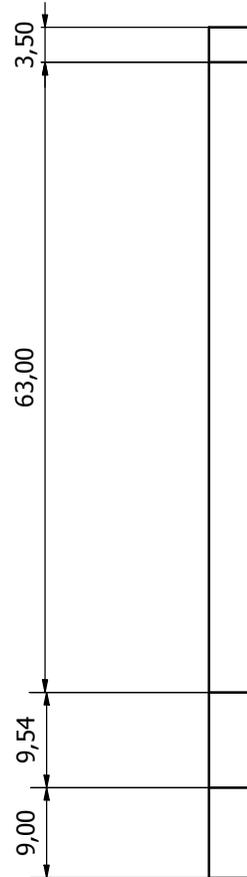
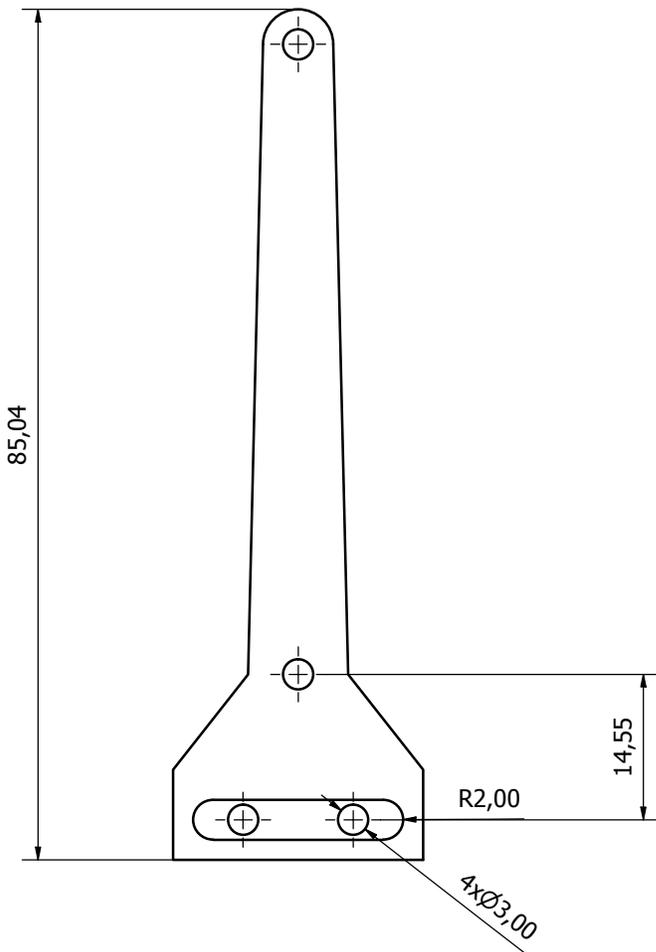


Tecnológico de Costa Rica			AREA ACADÉMICA INGENIERÍA MECATRÓNICA CURSO: PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN		REVISIÓN: A
NOMBRE DIBUJ. K. QUESADA	FIRMA	FECHA 07/11/21	ACABADO GENERAL N11	DESIGNACIÓN: CONECTOR 2	DENOMINACIÓN: CONECTOR TIPO C
VERIF.	APROB.	FABR. NA	MATERIAL: PLA	PROYECTO: Sistema de desconexión	ESCALA: 2 : 1
SISTEMA: 	TOLERANCIAS: LINEAL: X ±0,25 X ±0,1 X ±0,05 XXX ±0,001 ANGULAR: ±0,5°	TOLERANCIA EN: mm	PESO: N/A	UNIDADES: mm	FORMATO: A3
					Hoja 3 de 7

8 7 6 5 4 3 2 1



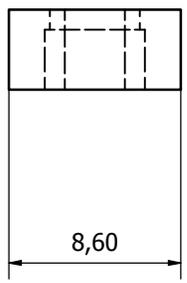
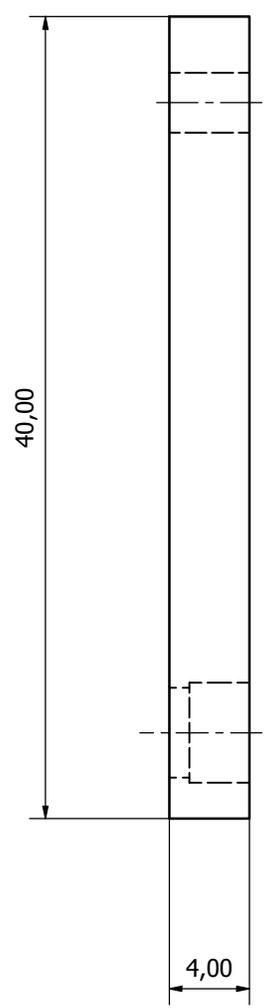
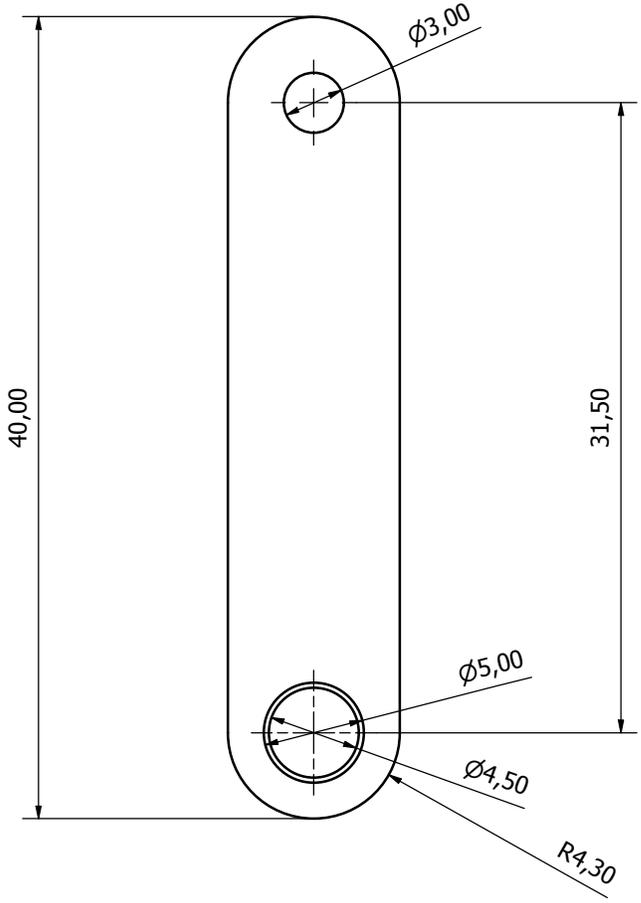
 Tecnológico de Costa Rica				AREA ACADÉMICA INGENIERÍA MECATRÓNICA CURSO: PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN		REVISIÓN: A
NOMBRE: DIBUJ.: K. QUESADA VERIF.: APROB.: FABR.: NA SISTEMA:	FIRMA: 	FECHA: 07/11/21	ACABADO GENERAL: N11	DESIGNACIÓN: BASE	DENOMINACIÓN: BASE	
TOLERANCIAS: LINEAL: X ±0,25 .X ±0,1 .XX ±0,05 .XXX ±0,025 ANGULAR: ±0,1°			TOLERANCIA EN: mm	PROYECTO: Sistema de desconexión	ESCALA: 1 : 1	FORMATO: A3
			PESO: N/A	UNIDADES: mm	Hoja 4 de 7	

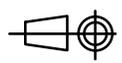


Tecnológico de Costa Rica				AREA ACADÉMICA INGENIERÍA MECATRÓNICA CURSO: PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN		REVISIÓN: A	
NOMBRE: K. QUESADA		FIRMA:		FECHA: 07/11/21		ACABADO GENERAL: N11	
VERIF.:		APROB.:		MATERIAL: PLA		DESIGNACIÓN: PALANCA 1	
FABR. NA SISTEMA:		TOLERANCIAS: LINEAL: X ±0,25 X ±0,1 XX ±0,05 XXX ±0,001 ANGULAR: ±0,1°		TOLERANCIA EN: mm		PROYECTO: Sistema de desconexión	
		PESO: 0.004 kg		UNIDADES: mm		ESCALA: 2 : 1	
						FORMATO: A3	
						Hoja 5 de 7	

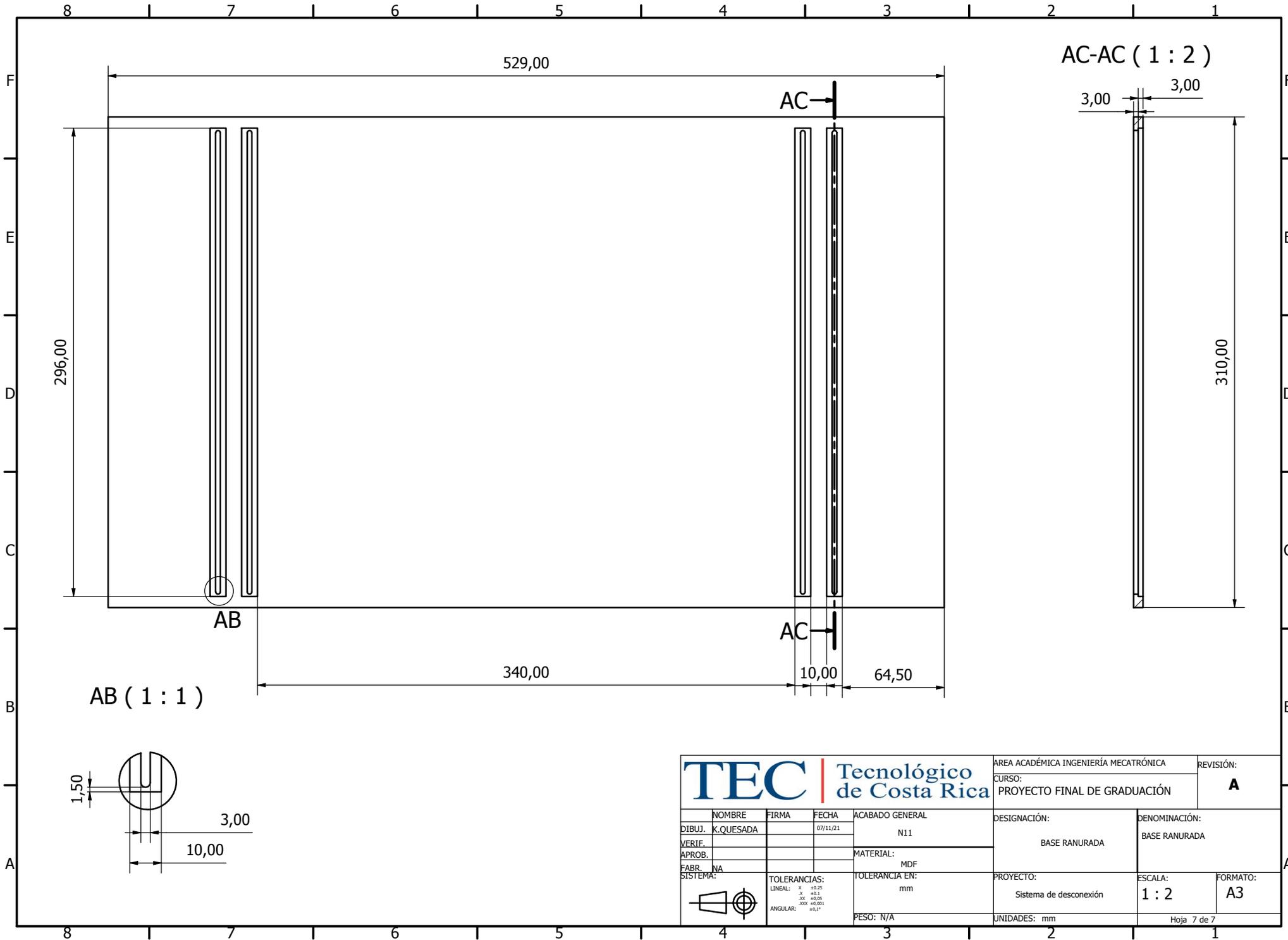
8 7 6 5 4 3 2 1

F
E
D
C
B
A

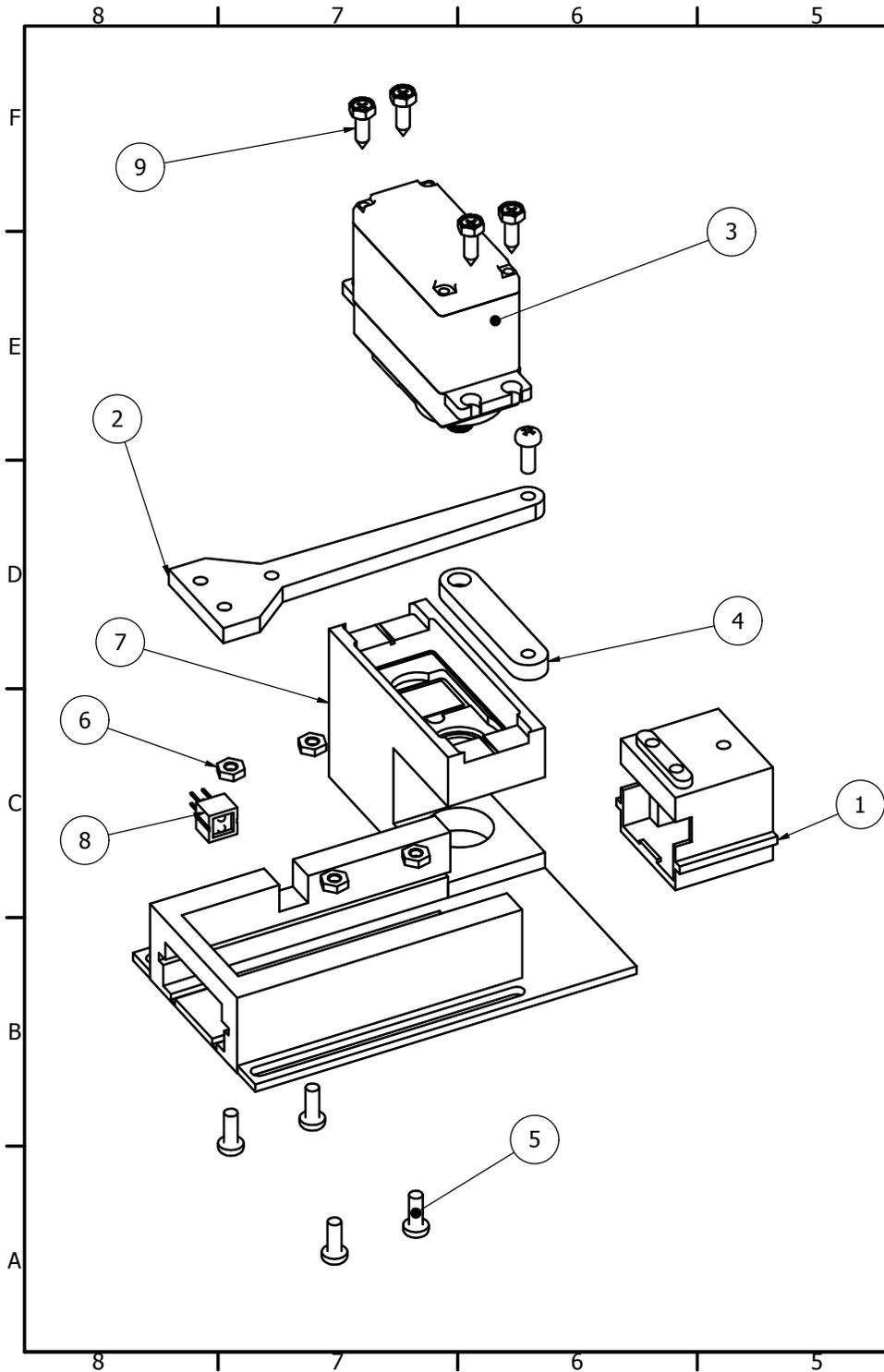


 Tecnológico de Costa Rica				AREA ACADÉMICA INGENIERÍA MECATRÓNICA		REVISIÓN:	
				CURSO: PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN		A	
NOMBRE DIBUJ. K.QUESADA	FIRMA	FECHA 07/11/21	ACABADO GENERAL N11	DESIGNACIÓN: PALANCA 2		DENOMINACIÓN: PALANCA CORTA	
VERIF.	APROB.	FABR. NA	MATERIAL: PLA	PROYECTO: Sistema de desconexión		ESCALA: 4 : 1	FORMATO: A3
SISTEMA: 		TOLERANCIAS: LINEAL: X ±0,25 X ±0,1 XX ±0,05 XXX ±0,01 ANGULAR: ±0,1°	TOLERANCIA EN: mm	PESO: 0.001 kg	UNIDADES: mm	Hoja 6 de 7	

8 7 6 5 4 3 2 1

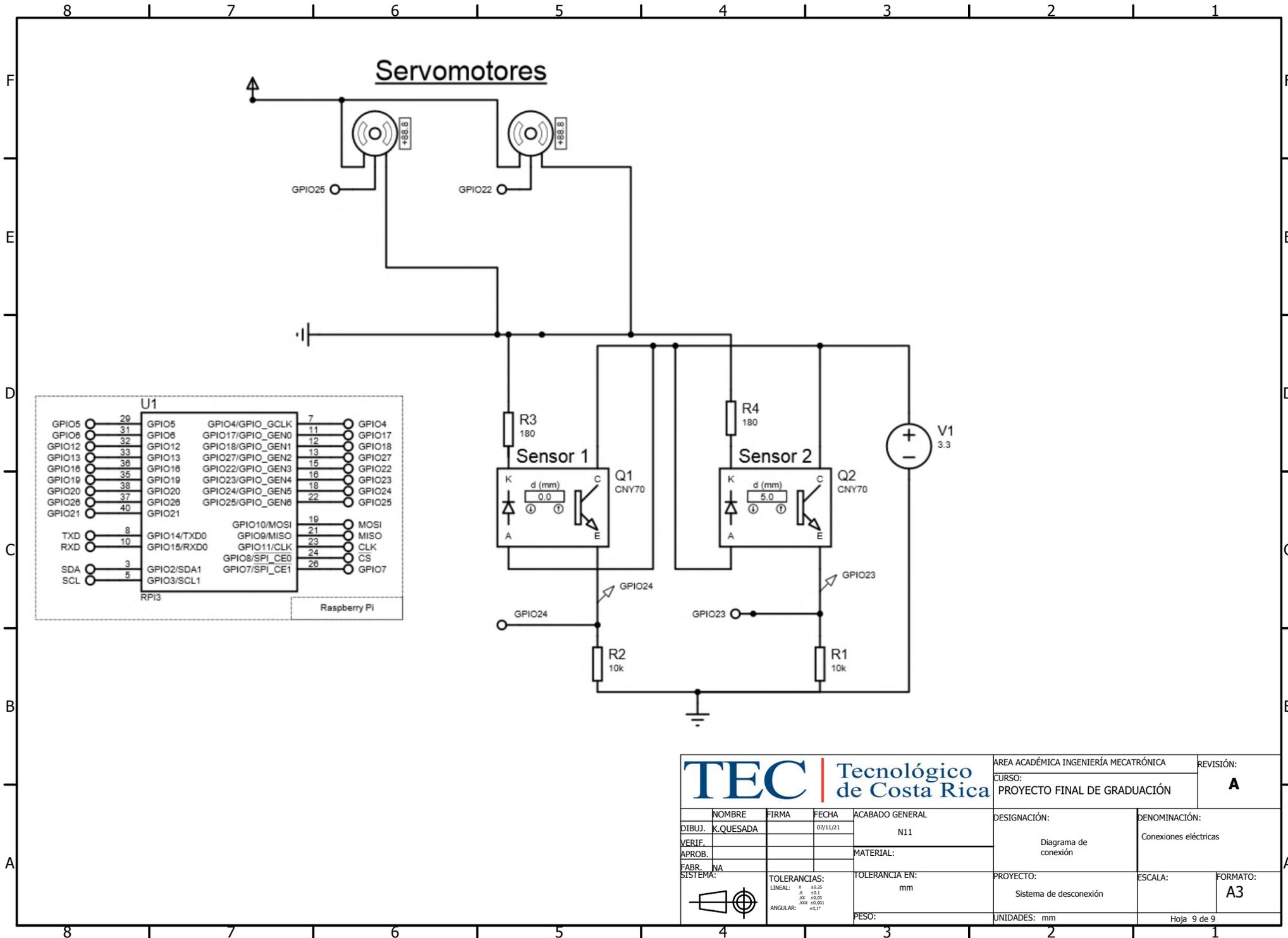


TEC | Tecnológico de Costa Rica				AREA ACADÉMICA INGENIERÍA MECATRÓNICA		REVISIÓN:
				CURSO:		A
				PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN		
NOMBRE	FIRMA	FECHA	ACABADO GENERAL	DESIGNACIÓN:	DENOMINACIÓN:	
DIBUJ. K. QUESADA		07/11/21	N11	BASE RANURADA	BASE RANURADA	
VERIF.			MATERIAL:			
APROB.			MDF			
FABR. NA			TOLERANCIA EN:	PROYECTO:	ESCALA:	FORMATO:
SISTEMA:			mm	Sistema de desconexión	1 : 2	A3
			TOLERANCIAS:	UNIDADES: mm		Hoja 7 de 7
			LINEAL: X ±0,25 X ±0,1 X ±0,05 X ±0,01			
			ANGULAR: ±0,1°			
			PESO: N/A			



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Conector	
2	1	Palanca Larga	
3	1	MG_996R	Servomotor
4	1	Palanca Corta	
5	4	ANSI B18.6.7M - M3x0.5 x 8	Cross Recessed Pan Head Machine Screw - Type I - Metric
6	4	AS 1474 - M3	Hex Nut
7	1	Base del sistema de desconexión	
8	1	Sensor CNY70	
9	4	Tapping screw GB 9456 ST2.9 x 9.5	Cross recessed hexagon head tapping screws with identification

TEC | Tecnológico de Costa Rica		AREA ACADÉMICA INGENIERÍA MECATRÓNICA		REVISIÓN:		
DIBUJ. K.QUESADA		FIRMA	FECHA 07/11/21	ACABADO GENERAL N11	CURSO: PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN	A
VERIF.		MATERIAL:		DESIGNACIÓN:	DENOMINACIÓN: Explosionado	
APROB.		TOLERANCIAS:		Explosionado Sistema de desconexión		Explosionado
FABR. NA		TOLERANCIA EN: mm		PROYECTO: Sistema de desconexión	ESCALA: 1 : 1	FORMATO: A3
SISTEMA:		PESO: N/A		UNIDADES: mm	Hoja 8 de 8	



TEC | Tecnológico de Costa Rica				AREA ACADÉMICA INGENIERÍA MECATRÓNICA	REVISIÓN:
				CURSO: PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN	A
NOMBRE	FIRMA	FECHA	ACABADO GENERAL	DESIGNACIÓN:	DENOMINACIÓN:
DIBUJ. K.QUESADA		07/11/21	N11	Diagrama de conexión	Conexiones eléctricas
VERIF.			MATERIAL:		
APROB.					
FABR. SISTEMA:			TOLERANCIAS:	PROYECTO:	ESCALA:
			LINEAL: X ±0,25 X ±0,1 X ±0,05 X ±0,01 ANGULAR: ±0,1°	Sistema de desconexión	
			TOLERANCIA EN: mm	UNIDADES: mm	FORMATO: A3
			PESO:		Hoja 9 de 9