

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

*Trabajo de titulación previo  
a la obtención del título de  
Ingeniero Electrónico*

**PROYECTO TÉCNICO CON ENFOQUE INVESTIGATIVO:**

**“PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE CONTROL CON MANDOS A  
DISTANCIA Y TRANSMISOR DE NECESIDADES BÁSICAS PARA  
PERSONAS CON DISCAPACIDAD MODERADA CON EYE  
TRACKER Y SOFTWARE LIBRE”**

**AUTORES:**

ALVARO RAÚL DELEG AGUILAR

JOHN DAVID ORELLANA MARCA

**TUTORA:**

ING. ANA CECILIA VILLA PARRA, PHD.

CUENCA - ECUADOR

2021

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Alvaro Raúl Déleg Aguilar con documento de identificación N° 0105135461 y John David Orellana Marca con documento de identificación N° 0105852149, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE CONTROL CON MANDOS A DISTANCIA Y TRANSMISOR DE NECESIDADES BÁSICAS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MODERADA CON EYE TRACKER Y SOFTWARE LIBRE”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Electrónico*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero del 2021



Alvaro Raúl Déleg Aguilar

C.I. 0105135461



John David Orellana Marca

C.I. 0105852149

## CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE CONTROL CON MANDOS A DISTANCIA Y TRANSMISOR DE NECESIDADES BÁSICAS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MODERADA CON EYE TRACKER Y SOFTWARE LIBRE”**, realizado por Alvaro Raúl Deleg Aguilar y John David Orellana Marca, obteniendo el *Proyecto Técnico con enfoque investigativo* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero del 2021



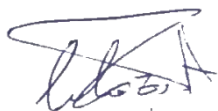
Ing. Ana Cecilia Villa Parra, PhD.

C.I. 0103874194

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Alvaro Raúl Deleg Aguilar con documento de identificación N° 0105135461 y John David Orellana Marca con documento de identificación N° 0105852149, autores del trabajo de titulación: **“PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE CONTROL CON MANDOS A DISTANCIA Y TRANSMISOR DE NECESIDADES BÁSICAS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MODERADA CON EYE TRACKER Y SOFTWARE LIBRE”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico con enfoque investigativo*, son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría

Cuenca, enero del 2021



Alvaro Raúl Deleg Aguilar  
C.I. 0105135461



John David Orellana Marca  
C.I. 0105852149

## **AGRADECIMIENTOS**

Al finalizar este trabajo quiero agradecer a todas las personas que aportaron para lograr este objetivo, primero a Dios, a mis padres y hermanos, quienes estuvieron de forma incondicional en cada etapa y me motivaron para seguir adelante.

También quiero agradecer a mis amigos, quienes con sus enseñanzas y consejos me guiaron y nunca dejaron que me rinda.

Finalmente quiero agradecer a la Ingeniera Ana Cecilia Villa, directora de tesis por toda su paciencia y dedicación para guiarnos en cada etapa y desarrollarla de forma exitosa.

*Álvaro Raúl Deleg Aguilar*

Quiero agradecer a todas las personas que siempre han estado a mi lado, a mi familia y amigos. Éste no ha sido un camino fácil, sin embargo he logrado culminar una de las etapas más importantes gracias a ustedes.

Tambien quiero agradecer a mi tutora la Ingeniera Ana Cecilia Villa, por su gran conocimiento, quien nos ayudó mucho a finalizar este proyecto.

*John David Orellana Marca*

## **DEDICATORIAS**

Quiero dedicar este proyecto a mis padres, Luis Déleg, quien a pesar de la distancia siempre estuvo para mí, gracias a sus consejos y a su sacrificio. Él me ha llevado por el camino correcto. A mi mamá, Ana Aguilar, por toda su paciencia y enseñanzas que me ha brindado. También quiero dedicar este trabajo a Mercy Fajardo, quien gracias a su cariño y amor incondicional me ha motivado día a día hasta alcanzar cada una de mis metas.

**Álvaro Raúl Deleg Aguilar**

Este proyecto se lo dedico a mis padres Jaime Orellana y Catalina Marca, quienes siempre confiaron en mí y me pudieron brindar el estudio. A las dos personas más significativas en mi vida, Patricia Marca y Xavier Marca, gracias a su sacrificio, perseverancia y cariño, siempre han estado en todos mis momentos.

**John David Orellana Marca**

# ÍNDICE GENERAL

|  |      |
|--|------|
| AGRADECIMIENTOS.....   | I    |
| DEDICATORIAS.....  | II   |
| ÍNDICE GENERAL.....  | III  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....   | VI   |
| ÍNDICE DE TABLAS.....  | VIII |
| RESUMEN.....   | IX   |
| INTRODUCCIÓN.....  | X    |
| ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO.....                            | XII  |
| JUSTIFICACIÓN (IMPORTANCIA Y ALCANCES).....                          | XIV  |
| OBJETIVOS.....   | XV   |
| OBJETIVO GENERAL.....  | XV   |
| OBJETIVOS ESPECÍFICO.....  | XV   |
| CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA O ESTADO DEL ARTE.....            | 1    |
| 1.1 Discapacidad.....  | 1    |
| 1.2 Tipos de discapacidad.....                                       | 1    |
| 1.1.2 Discapacidad intelectual.....                                  | 1    |
| 1.2.2 Discapacidad auditiva.....                                     | 1    |
| 1.3.2 Discapacidad física o motora.....                              | 2    |
| 1.4.2 Discapacidad visual.....                                       | 2    |
| 1.3 Niveles de discapacidad.....                                     | 2    |
| 1.4 Discapacidad física o motora.....                                | 2    |
| 1.5 Tecnologías de asistencia.....                                   | 4    |
| 1.1.5 Sistemas aumentativos y alternativos de comunicación.....      | 4    |
| 1.2.5 Tecnologías para la movilidad personal.....                    | 5    |
| 1.3.5 Tecnologías para la manipulación y el control del entorno..... | 6    |
| 1.6 Sensores de seguimiento ocular Eye Tracker.....                  | 6    |
| 1.7 Software libre.....  | 7    |
| 1.8 Python.....  | 7    |
| 1.1.8 Sintaxis.....  | 8    |
| 1.2.8 Librería Estándar.....   | 8    |
| 1.3.8 Licencia.....  | 8    |

|  |    |
|--|----|
| 1.4.8 Ventajas y desventajas de Python .....         | 8  |
| 1.9 Arduino .....                                    | 9  |
| 1.10 Mando a distancia .....                         | 10 |
| 1.1.10 Receptor IR .....                             | 10 |
| 1.2.10 Emisor IR .....                               | 11 |
| 1.11 AC Dimmer.....                                  | 11 |
| 1.12 Evaluación de tecnología de asistencia.....     | 12 |
| CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA..... | 13 |
| 2.1 Implementación del sistema.....                  | 13 |
| 2.2 DESCRIPCIÓN DEL sistema.....                     | 13 |
| 2.3 Hardware .....                                   | 14 |
| 2.1.3 EYE TRACKER .....                              | 14 |
| 2.2.3 Módulos para control .....                     | 15 |
| 2.4 Software .....                                   | 19 |
| 2.5 Interfaz gráfica .....                           | 22 |
| 2.6 Pruebas .....                                    | 25 |
| 2.1.6 Pruebas Técnicas .....                         | 25 |
| • Distancia de cobertura .....                       | 25 |
| • Tiempo de respuesta .....                          | 25 |
| • Tamaño de la interfaz gráfica .....                | 26 |
| 2.2.6 Protocolo de Pruebas.....                      | 26 |
| • Bioseguridad.....                                  | 26 |
| • Pruebas .....                                      | 27 |
| CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 29 |
| 3.1 Pruebas Técnicas .....                           | 29 |
| 3.1.1 Distancia de cobertura.....                    | 29 |
| 3.2.1 Tiempo de Respuesta .....                      | 29 |
| 3.3.1 Tamaño de la Interfaz Gráfica .....            | 30 |
| 3.2 Pruebas con el protocolo .....                   | 30 |
| 3.3 Análisis de Presupuesto .....                    | 36 |
| 3.1.3 Activos fijos y nominales.....                 | 37 |
| 3.2.3 Costos no controlables .....                   | 38 |
| 3.3.3 Costos controlables .....                      | 38 |
| 3.4.3 Costo sin utilidad .....                       | 38 |
| 3.5.3 Costo con utilidad .....                       | 39 |
| 3.6.3 Punto de equilibrio .....                      | 39 |
| 3.7.3 Calculo de TIR y VAN .....                     | 39 |
| CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....     | 42 |



|   |    |
|---|----|
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 44 |
| ANEXOS .....  | 46 |
| ANEXO 1: EVALUACIÓN DE LA SATISFACCIÓN DE USUARIO CON TECNOLOGÍA DE APARATOS AUXILIARES. ENCUESTA QUEBEC V2.0 ..... | 46 |
| ANEXO 2: CÓDIGO DE LA INTERFAZ GRÁFICA EN PYTHON.....   | 51 |
| ANEXO 3 CÓDIGO DEL MÓDULO DE CONTROL.....   | 54 |
| ANEXO 4 CÓDIGO DE LOS EQUIPOS CAJA SECUNDARIA (MAESTRO) .....   | 57 |
| ANEXO 5: MANUAL DE USO .....  | 59 |
| ANEXO 6: CONSENTIMIENTO INFORMADO.....  | 60 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Personas con discapacidad en Ecuador.....   | 3  |
| Figura 2. <i>Personas con discapacidad física en Ecuador</i> .....  | 3  |
| Figura 3. <i>Sistemas aumentativos. (a) UNIPIX, (b) MAKATON VOCVOCABULARY.</i>  | 5  |
| Figura 4. <i>Movilidad personal autopropulsada</i> .....  | 5  |
| Figura 5. <i>Sistema de control de entorno</i> .....  | 6  |
| Figura 6. <i>Sensor de seguimiento ocular Eye Tracker</i> .....   | 7  |
| Figura 7. <i>Logo de Python</i> .....   | 7  |
| Figura 8. <i>Programa Hola mundo (a) C++, (b) Python</i> .....  | 8  |
| Figura 9. <i>Modelos de placas Arduino</i> .....  | 9  |
| Figura 10. <i>Especificaciones Arduino Uno</i> .....  | 10 |
| Figura 11. <i>Receptor IR</i> .....   | 11 |
| Figura 12. <i>Emisor IR LD271</i> .....   | 11 |
| Figura 13. <i>Módulo AC Dimmer</i> .....  | 12 |
| Figura 14. <i>Diagrama con los componentes del sistema</i> .....  | 13 |
| Figura 15. <i>Diagrama de bloques del sistema</i> .....   | 14 |
| Figura 16. <i>Seguimiento ocular del usuario mediante el sensor Eye Tracker</i> .....   | 15 |
| Figura 17. <i>Diseño esquemático de la placa de envío y recepción de datos de los módulos de control del sistema.</i> .....                 | 16 |
| Figura 18: <i>Diseño del PCB de la placa de envío y recepción de datos de los módulos de control del sistema.</i> .....                     | 17 |
| Figura 19. <i>Placa de envío y adquisición de datos de los módulos de control del sistema. (a) vista posterior, (b) vista frontal</i> ..... | 17 |
| Figura 20: <i>Diseño de la caja en software AutoCAD</i> .....   | 18 |
| Figura 21: <i>Cajas contenedoras finalizadas</i> .....  | 18 |
| Figura 22. <i>Módulo principal y módulo secundario</i> .....  | 19 |
| Figura 23. <i>Flujograma del módulo de control</i> .....  | 20 |
| Figura 24: <i>Flujograma del módulo secundario</i> .....  | 21 |
| Figura 25. <i>Menú principal de la interfaz gráfica.</i> .....  | 22 |
| Figura 26. <i>Control de la Tv.</i> .....   | 23 |
| Figura 27. <i>Control de mensajes</i> .....   | 23 |
| Figura 28. <i>Control de Iluminación.</i> .....   | 24 |
| Figura 29. <i>Ambiente de Pruebas</i> .....   | 24 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 30. <i>Indicaciones para la correcta limpieza de manos.</i> .....       | 27 |
| Figura 31. <i>Porcentaje de distribución de las acciones aleatorias.</i> ..... | 32 |
| Figura 32 <i>Sujeto 1 con el sistema en la primera secuencia guiada</i> .....  | 33 |
| Figura 33 <i>Sujeto S5 en la segunda secuencia guiada</i> .....                | 33 |
| Figura 34. <i>Porcentaje de la pregunta de satisfacción del usuario</i> .....  | 35 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Ventajas y desventajas de Python .....                  | 9  |
| Tabla 2. Características receptor IR VS1838B .....               | 10 |
| Tabla 3. Características emisor IR LD271 .....                   | 11 |
| Tabla 4. Equipos de protección personal .....                    | 27 |
| Tabla 5. Primera secuencia guiada.....                           | 28 |
| Tabla 6. Segunda secuencia guiada.....                           | 28 |
| Tabla 7. Tiempo en segundos de la primera secuencia guiada ..... | 30 |
| Tabla 8. Tiempo en segundos de la segunda secuencia guiada.....  | 31 |
| Tabla 9. Promedio en completar cada secuencia. ....              | 31 |
| Tabla 10. Acciones escogidas en la secuencia aleatoria. ....     | 32 |
| Tabla 11. Acciones escogidas en la secuencia voluntaria.....     | 32 |
| Tabla 12. Resultados de la encuesta QUEST.....                   | 34 |
| Tabla 13. Resumen de los resultados de las pruebas .....         | 34 |
| Tabla 14 Resultados del Test QUEST .....                         | 36 |
| Tabla 15. Costo de materia prima. ....                           | 36 |
| Tabla 16 Costo de materia prima .....                            | 37 |
| Tabla 17 Flujo de Caja .....                                     | 40 |

## **RESUMEN**

En el presente documento se describe el procedimiento de diseño y desarrollo del prototipo de un sistema de control con mandos a distancia para personas con discapacidad moderada mediante un sensor Eye Tracker, con el fin de brindar a esta población una opción tecnológica para interactuar con el ambiente que les rodea y mejorar su calidad de vida.

El sistema desarrollado cuenta con una interfaz gráfica realizada en Python, la cual permite que la persona pueda indicar la actividad que desea realizar mediante el movimiento ocular captado por el sensor Eye Tracker. Entre las actividades que se pueden seleccionar y ejecutar están: el control de un TV, el control de iluminación de la habitación y el comando de un transmisor de necesidades mediante mensajes de texto.

Una característica importante del sistema es el hecho de que su comunicación con los equipos a controlar es inalámbrica. Por esta razón la implementación del sistema en un hogar implica modificaciones de infraestructura mínimas. El sistema podría adaptarse también a espacios como hospitales, escuelas, entre otros.

Se realizaron pruebas piloto con un grupo de personas sin discapacidad (debido a la emergencia sanitaria por el Covid-19) en un ambiente habitual de un hogar. Se verificó el funcionamiento correcto del sistema y se aplicó una prueba QUEST (Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology) a los participantes para evaluar la satisfacción con el uso, obteniendo resultados positivos que permiten concluir que el sistema cumple con los objetivos planteados.

# INTRODUCCIÓN

Según las estadísticas del CONADIS (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades) en Ecuador, 483041 personas están registradas con discapacidad. De esta población, el 46,63% presenta discapacidad física y el nivel moderado representa el 45,04% [1]. Estas cifras muestran que existen muchas personas que necesitan ayudas técnicas y dependen de sus familiares para realizar labores de la vida diaria. Debido a que las personas con discapacidad física presentan limitaciones para interactuar o pedir atención, es necesario que cuenten con apoyo de la tecnología que permita aumentar su independencia y por ende mejorar su calidad de vida.

En este contexto, se propuso el desarrollo de un sistema que ofrezca a personas con limitación de movimiento, interactuar con los equipos de uso diario en una habitación y ejecutar acciones como: controlar un TV, cambiar la intensidad de iluminación de una habitación y enviar un mensaje de texto a una persona con un mensaje predefinido. Para conocer la decisión del usuario y actuar sobre los equipos, el sistema está basado en el uso de un sensor para seguimiento ocular con comunicación inalámbrica, de tal manera que no sea invasivo para el usuario. La persona interactúa con el sistema y su entorno mediante una interfaz gráfica, con la cual se puede escoger la actividad que se desea ejecutar.

El presente documento describe en el Capítulo 1 la revisión del estado del arte, en donde se encuentran datos sobre las personas con discapacidad física moderada en el Ecuador, se describen algunas tecnologías de asistencia, el software utilizado para el diseño de la interfaz y características de los sensores empleados.

En el Capítulo 2 se describe el diseño y la implementación del sistema. Se especifica el diagrama de bloques del prototipo, el desarrollo del software y el hardware, detalle de las pruebas técnicas y del protocolo ejecutado en las pruebas de evaluación de satisfacción.

En el Capítulo 3 se analizan los resultados de las diferentes pruebas, como: el tiempo de respuesta del sistema, distancia de cobertura, pruebas de funcionamiento y análisis de los resultados de la prueba QUEST realizada a cada participante de las pruebas.

En el Capítulo 4 se presentan las conclusiones obtenidas con el desarrollo del proyecto considerando el cumplimiento de los objetivos. Además se plantean futuras mejoras con base a las preferencias de los usuarios en las pruebas voluntarias.

## ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO

En el Ecuador existen 473652 personas con discapacidad registradas en el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS). En el cantón Cuenca se registra un total de 20393 personas con discapacidad y el 47,85% posee discapacidad física [1]. Con base a estos datos, es evidente que un gran porcentaje de la discapacidad es de tipo físico y esta población requiere de una atención permanente para el desenvolvimiento en su entorno y de tecnología que les permita ser más independiente y mejorar su calidad de vida. De ahí que es necesario el desarrollo de sistemas que puedan, por ejemplo, ayudarlos a controlar el ambiente que los rodea. Entre los sistemas que se emplean para estos fines, se puede citar el transmisor de necesidades para niños con parálisis cerebral del centro IPCA [2]. Este sistema está basado en el aprendizaje mediante pictogramas y cuenta con un sistema de comunicación inalámbrica hacia el computador para el almacenamiento de información de cada paciente. Los resultados alcanzados por este dispositivo muestran que se mejora la capacidad de aprendizaje de los niños con parálisis cerebral, sin embargo, los equipos no han sido empleados en toda su capacidad para transmitir las necesidades básicas de los niños, debido a que los cuidadores del IPCA nunca dejan a solas a sus pacientes.

Existen también sistemas para controlar Smart-TVs mediante gestos con las manos, entre ellos se puede citar un sistema que emplea un sensor LeapMotion e inteligencia artificial, que permite reconocer el gesto que se esté realizando y activar los controles del televisor para realizar la acción que requiera el usuario [3]. Este sistema representa un gran aporte de las nuevas tecnologías, sin embargo, el control que se realiza es de un solo dispositivo, con lo cual existe limitación para controlar más equipos.

Los sistemas domóticos también están siendo aplicados como alternativas para adaptar el ambiente y mejorar el entorno de una persona con discapacidad. Se puede citar un sistema que está compuesto por una etapa de voz y tecnología móvil que es utilizado por personas con discapacidad motriz descrito en [4]. Este sistema utiliza un módulo Raspberry PI con lo cual alcanza un 91,77% de efectividad en el reconocimiento de comandos, sin embargo, hay limitaciones para ser utilizado por personas que tengan o sufran algún problema del habla, debido a que la emisión de los comandos exige una pronunciación clara.



Se puede citar además el uso de sistemas desarrollados con bases de IoT. En [5] se describe un sistema que cuenta con una interfaz humano-máquina que está basada en el seguimiento de los ojos para controlar y monitorear una casa inteligente. El sistema permite que diversos equipos sean controlados, sin embargo, el uso de IoT para cada uno de ellos hace que el costo del equipo final sea alto y en algunos casos inalcanzable para personas con bajos recursos o que vivan en zonas sin acceso a internet.

La tecnología para asistir a personas con discapacidad física debe permitir que mediante sistemas robustos y simples de implementar, las personas puedan realizar tareas comunes como: encender o apagar una TV o luces de las habitaciones, y el envío de mensajes al celular en caso de que nadie se encuentre cerca. Con esto, es posible permitirles interactuar con equipos de uso diario, lo cual tiene un gran impacto en aumentar su confianza e independencia.

## **JUSTIFICACIÓN (IMPORTANCIA Y ALCANCES)**

Las personas con discapacidad pueden tener dificultades para interactuar con dispositivos domésticos, debido a las limitaciones que su discapacidad genera. Actividades cotidianas como encender o apagar el TV pueden resultar imposibles para este grupo de personas por lo que necesitan de asistencia [5].

Del total de personas con discapacidad moderada en nuestro país (discapacidad del 30% a 49%), el 46,63% sufre de discapacidad física. Este tipo de discapacidad afecta el desempeño motor de la persona (extremidades superiores e inferiores) [6], lo que le impide el desarrollo de actividades de la vida diaria. Ante esta realidad se han desarrollado diferentes dispositivos de asistencia que buscan mejorar la calidad de vida de esta población empleando distintos métodos, recursos y servicios. Con la aplicación de la tecnología en la asistencia se busca promover la participación de personas con discapacidad o movilidad reducida y aportar a su independencia promoviendo la inclusión social. En este contexto, el presente proyecto fue propuesto con el objetivo de ofrecer un sistema que pueda ser instalado de manera fácil en ambientes en los cuales una persona con discapacidad deba interactuar, ofreciéndole la opción de controlar el funcionamiento de equipos sin la necesidad de la asistencia de otras personas.

# **OBJETIVOS**

## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar el prototipo de un sistema de control con mandos a distancia y transmisor de necesidades básicas para personas con discapacidad moderada mediante Eye tracker y software libre.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICO**

1. Revisar las características de los paquetes de software libre para el manejo de comandos del sensor de seguimiento ocular Eye tracker.
2. Diseñar una interfaz de usuario para el control del encendido y apagado de dispositivos electrónicos de una habitación mediante el sensor Eye Tracker.
3. Diseñar y construir la etapa de electrónica de potencia para el encendido/apagado de un TV y control de volumen/canales, encendido/apagado de luces y control de intensidad empleando el sensor Eye tracker.
4. Diseñar y construir el hardware para el envío de mensajes con información de necesidades básicas empleando el sensor Eye tracker y un módulo GSM.
5. Realizar pruebas para evaluar el funcionamiento del sistema.

# **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA O ESTADO DEL ARTE**

## **1.1 DISCAPACIDAD**

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en su reporte de Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías (CIDDM), una discapacidad “Es toda restricción o ausencia debida a una deficiencia de la capacidad de realizar una actividad dentro del margen considerado normal para el ser humano”, pudiendo ser temporal o permanente, reversible o irreversible [7].

Según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS), la Discapacidad es aquello que dificulta, limita o impide realizar actividades consideradas “normales” por un ser humano, ya sea por alteraciones adquiridas (ej. causada por algún accidente), congénitas (de nacimiento), temporal o permanente, además de considerar la falta de oportunidades y las barreras del medio que los rodea [8]. Los componentes léxicos de la palabra “discapacidad” pueden entenderse como *Dis = Pérdida* y *Capacidad = Funciones o cualidades (Físicas, Visuales, Auditivas, Intelectuales)* [6].

## **1.2 TIPOS DE DISCAPACIDAD**

La literatura describe cuatro tipos de discapacidad, las mismas que se indican a continuación [8]:

### **1.1.2 DISCAPACIDAD INTELECTUAL**

Se define como: dificultad para el aprendizaje y el desarrollo de habilidades debido a las limitaciones en la inteligencia conceptual, práctica y la inteligencia social que se presentan en la vida diaria [8].

### **1.2.2 DISCAPACIDAD AUDITIVA**

Es una condición en la cual afecta la capacidad de escuchar de manera adecuada, debido a pérdida o de nacimiento. La discapacidad auditiva afecta directamente el desarrollo de la habilidad del habla ya que las persona no posee alguna referencia por lo que su comunicación es mediante señas [8].

### **1.3.2 DISCAPACIDAD FÍSICA O MOTORA**

Es una condición que afecta en la movilidad de extremidades superiores, inferiores y en algunos casos a todo el cuerpo, su origen radica en las alteraciones de articulaciones, sistema nervioso, esqueleto, tejidos y ligamentos, por lo que la movilidad de una persona es limitada [8].

### **1.4.2 DISCAPACIDAD VISUAL**

Es una condición que puede presentarse en un ser humano a cualquier edad debido a enfermedades oculares (herencia o accidentes), limitando el campo visual o el área de enfoque. Dentro de esta condición se identifica tres dificultades a las que se puede enfrentar una persona: movilidad, orientación y comunicación [8].

### **1.3 NIVELES DE DISCAPACIDAD**

Según las estadísticas del CONADIS, la discapacidad se puede clasificar en cuatro niveles, según el porcentaje o grado de discapacidad, como se detalla a continuación [1]:

- Leve 1% al 29%
- Moderada 30% al 49%
- Grave 50% al 75%
- Muy Grave 75% al 100%

### **1.4 DISCAPACIDAD FÍSICA O MOTORA**

Según las estadísticas del CONADIS existen 483041 personas con discapacidad registradas en Ecuador, de este grupo de personas un 46,63% son personas con discapacidad física, esto representa la mayor concentración en este grupo, así como se puede observar en la Figura 1.

TOTAL DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD REGISTRADAS EN EL REGISTRO NACIONAL DE DISCAPACIDAD

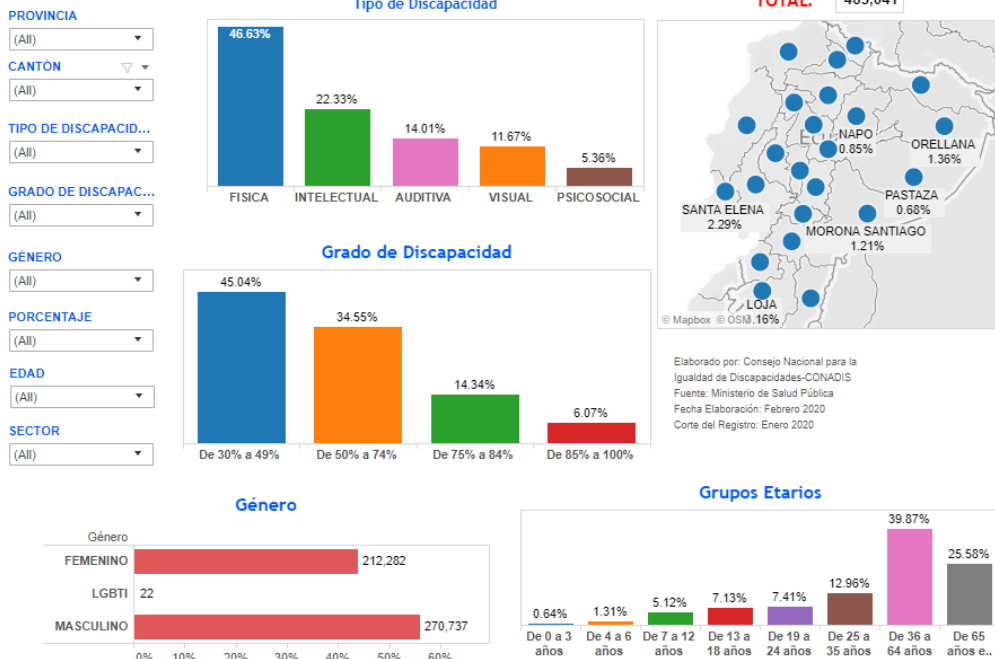


Figura 1. Personas con discapacidad en Ecuador  
Fuente: CONADIS (<https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/>)

De igual forma el CONADIS indica que el nivel moderado es el mayor grado o nivel de discapacidad que se presenta, con un 45,04% como se observa en la Figura 2.

TOTAL DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD REGISTRADAS EN EL REGISTRO NACIONAL DE DISCAPACIDAD

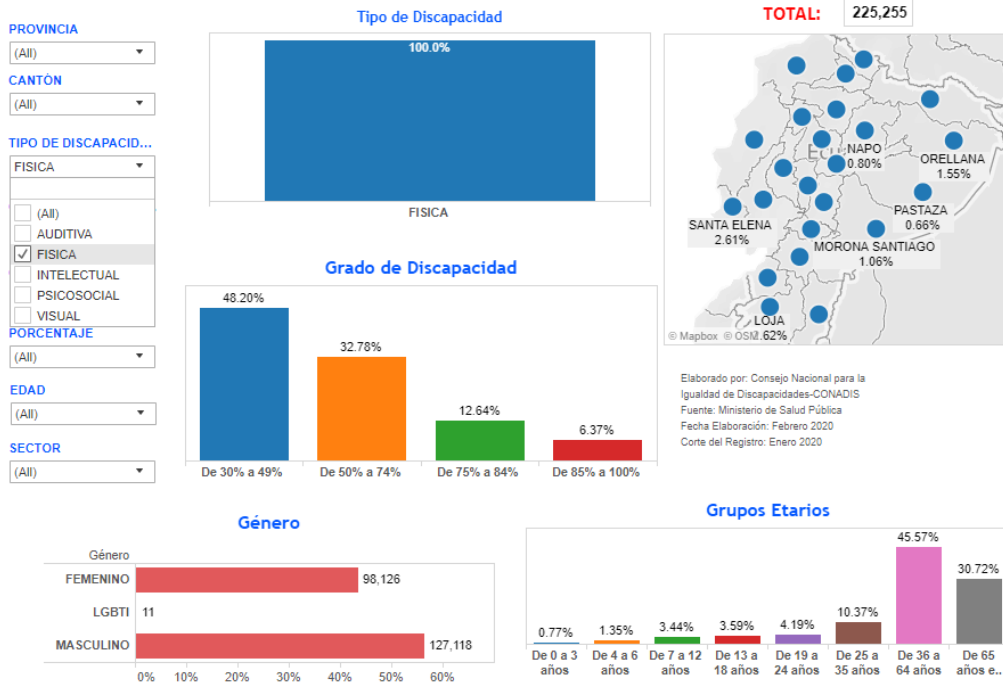


Figura 2. Personas con discapacidad física en Ecuador  
Fuente: CONADIS (<https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/>)

## **1.5 TECNOLOGÍAS DE ASISTENCIA**

Según la OMS, la tecnología de asistencia incluye los sistemas y servicios que brindan autonomía a una persona para poder desenvolverse adecuadamente en la escuela, hogar, trabajo y comunidad, promoviendo el bienestar y la integridad de quien lo utilice [7], [9].

Dentro de las tecnologías de asistencia que ayudan al ser humano se han identificado cuatro primordiales, las cuales se describen a continuación [10]:

- Sistemas aumentativos y alternativos de comunicación
- Tecnologías para la movilidad personal
- Tecnologías para la manipulación y el control del entorno
- Ayudas sensoriales para personas con discapacidad visual, auditiva o táctil

### **1.1.5 SISTEMAS AUMENTATIVOS Y ALTERNATIVOS DE COMUNICACIÓN**

Son sistemas desarrollados principalmente para personas que no pueden comunicarse de forma oral, verbal o lingüística. Algunos de los sistemas de ayuda que existen en esta categoría son los siguientes [10]:

- Sistemas basados en pictogramas, son sistemas intuitivos y fáciles de utilizar. Se incluyen los sistemas: PICSYMS, PIC, TALKING PICTURES, TOUCH 'N' TALK SITICKERS, UNIPIX, PICTURE COMMUNICATION SYMBOLS y el Sistema SIGSYMBOLS
- Sistemas que combinan símbolos y pictogramas. Se incluyen los sistemas: MAKATON VOCABULARY, el REBUS o el BLISS.
- Lenguajes codificados: BRAILLE o el MORSE.

En la Figura 3 se muestran las interfaces de los sistemas aumentativos UNIPIX y MAKATON VOCVOCABULARY [10], [11].

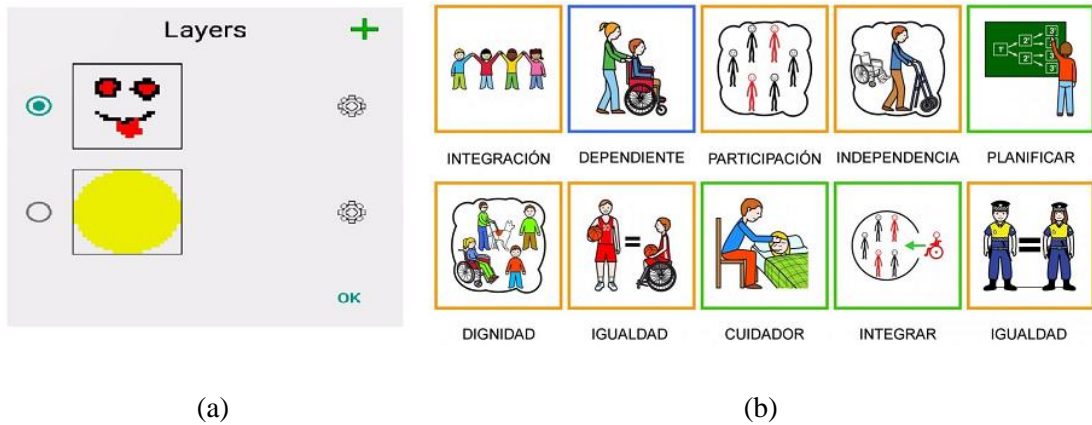


Figura 3. *Sistemas aumentativos. (a) UNIPIX, (b) MAKATON VOCVOCABULARY*  
**Fuente:** [11]

### 1.2.5 TECNOLOGÍAS PARA LA MOVILIDAD PERSONAL

Dentro de estas tecnologías se puede encontrar sillas de ruedas (manuales y autopropulsadas), convencionales o algunas que han sido adaptadas para vehículos con motor como el que se muestra en Figura 4 [10].



Figura 4. *Movilidad personal autopropulsada*  
**Fuente:** [10].



### 1.3.5 TECNOLOGÍAS PARA LA MANIPULACIÓN Y EL CONTROL DEL ENTORNO

Dentro de estas tecnologías se encuentran sistemas electromecánicos utilizados por personas con discapacidad física sensorial, algunos de los sistemas que existen son robots, sistemas electrónicos para el control y manipulación del entorno (Figura 5) [10].

Las tecnologías para la manipulación del control de entorno se clasifican según su finalidad, por ejemplo, ayudas para manipulación de alimentos (cuchillos, tenedores, etc.), ayudas para el autocuidado (cepillo de dientes, tareas domésticas), también se encuentran los sistemas de seguridad con teleasistencia [10], [12].

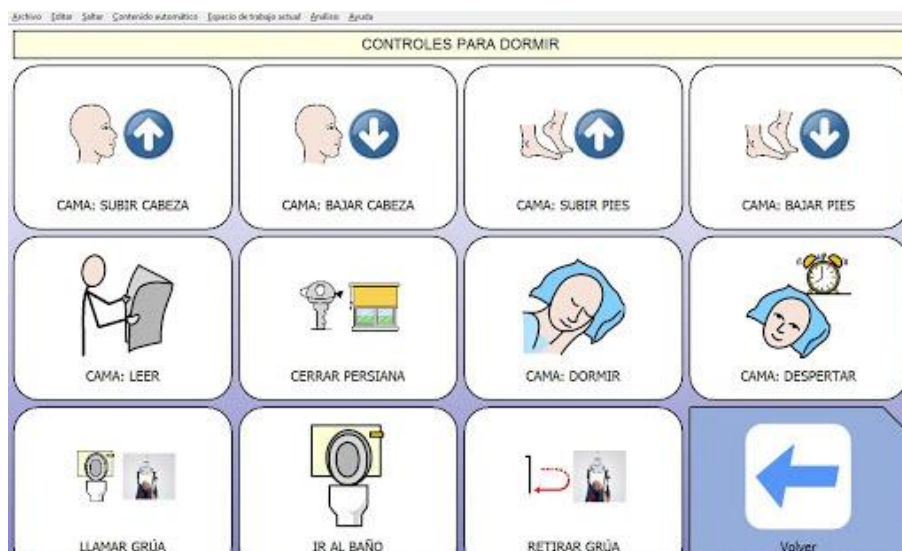


Figura 5. Sistema de control de entorno  
Fuente: [12]

### 1.6 SENSORES DE SEGUIMIENTO OCULAR EYE TRACKER

Los sensores oculares son tecnologías empleadas con el fin de que el sistema de una computadora u otro sistema reconozca para donde esta mirando una persona, esto se consigue gracias a un rastreador ocular (Figura 6) la cual detecta la presencia y atención del usuario [13]. Hoy en día controlar una computadora se ha convertido en una actividad esencial para las personas y es en donde este sensor ayuda con la manipulación usando los ojos.



Figura 6. Sensor de seguimiento ocular Eye Tracker  
Fuente: [13]

## 1.7 SOFTWARE LIBRE

El software libre ofrece la posibilidad de generar réplicas y modificaciones de un programa en específico, con el fin de promover nuevas investigaciones y ampliar las ya existentes, una persona que trabaje con software libre puede realizarlo libremente ya que no se emprenden acciones legales. Para que un software pueda ser considerado libre debe cumplir las siguientes reglas [14]:

- Ejecutar el programa, para cualquier propósito.
- Estudiar el funcionamiento del programa y adaptarlo a sus necesidades.
- Redistribuir copias.
- Mejorar el programa y poner sus mejoras a disposición del público, para beneficio de toda la comunidad.

## 1.8 PYTHON

Python (logo mostrado en la Figura 7), es un lenguaje de programación que en los últimos años se ha convertido en una gran opción al momento de desarrollar software libre, Python se considera como lenguaje de alto nivel por tener estructuras y funciones que realizan tareas complejas en pocas líneas de código [15].



Figura 7. Logo de Python  
Fuente: Sitio oficial [15]

### 1.1.8 SINTAXIS

Python es un software basado en la sencillez y claridad para el uso de un programador principiante, hasta el más avanzado, por esto es que su sintaxis se basa en la forma correcta de escribir las palabras claves, dicho esto, en la Figura 8 se observa la programación de básica para “Hola mundo” entre C++ y Python [15].

|   |                                |
|---|--------------------------------|
| <pre>#include &lt;iostream&gt; using namespace std; int main() { cout &lt;&lt; "Hello World" &lt;&lt; endl; return 0; }</pre> | <pre>print "Hello World"</pre> |
| (a)   | (b)                            |

Figura 8. Programa Hola mundo (a) C++, (b) Python  
Fuente: [15]

### 1.2.8 LIBRERÍA ESTÁNDAR

Las ventajas de Python se deben principalmente a su amplia gamas de librerías que se incluyen con el software, además de poseer más librerías que son de fácil instalación, algunas de las librerías más utilizadas son: Tensorflow, Scikit-Learn, Keras, Theano, XGBoost y Tkinter [15].

### 1.3.8 LICENCIA

Python trabaja con su propia licencia la cual ha sido certificada por Open Source de la fundación del Software Libre. Python puede usarse para el desarrollo de software libre y también para el desarrollo de software privativo según sea la necesidad [15].

### 1.4.8 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE PYTHON

Como en todo software, existen varias ventajas y desventajas que son importantes al momento de considerar algún programa en específico, las cuales se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de Python

| <b>Ventajas</b>           | <b>Desventajas</b>                     |
|---------------------------|--|
| Bibliotecas extensas      | Limitaciones de velocidad              |
| Oportunidades en IoT      | Restricciones de diseño                |
| Libre y de código abierto | Débil en informática móvil y navegador |
| Sencilla y fácil          | Simple                                 |
| Portable                  |  |
| Productividad mejorada    |  |

## 1.9 ARDUINO

Arduino es una plataforma de código abierto lo que incluye hardware y software de fácil uso, sus placas permiten leer entradas (sensores, pulsantes) y convertirlas en una salida o acción (encender/apagar) [16], [17]. Para realizar las acciones se programa mediante Arduino IDE [16]. Varios modelos de las placas Arduino (ver Figura 9) se han desarrollado y cada una cumple con funciones específicas sin embargo el software y las librerías son las mismas [17].



Figura 9. Modelos de placas Arduino

**Fuente:** Arduino [17]

Los modelos de las placas de la Figura 9 utilizan esencialmente el microcontrolador Atmega328p, sin embargo, ocupan diferentes modelos de chips, manteniendo un bajo consumo energético como su principal característica. El Arduino Uno mostrada en la Figura 10, posee características como voltaje de entrada recomendado 7V a 12V, 14 pines digitales, 6 pines analógicos, memoria EEPROM 1KB y una frecuencia de trabajo de 16MHz [18], [19].

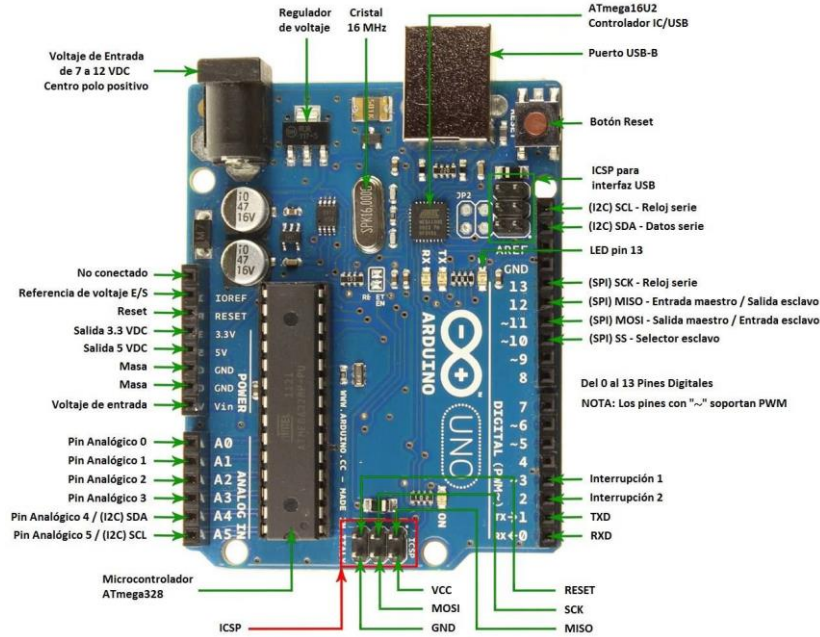


Figura 10. Especificaciones Arduino Uno  
Fuente: Arduino [17]

## 1.10 MANDO A DISTANCIA

Es un dispositivo electrónico para realizar una operación remota sobre una máquina. Se pueden comunicar con diferentes dispositivos electrónicos domésticos como un televisor, DVD, etc., y es posible realizar adaptaciones para interruptores, alarmas, entre otras funciones [20]. La comunicación entre un mando a distancia y su receptor se produce mediante un haz de luz infrarrojo (IR) con una frecuencia en el intervalo de  $0,3 \text{ THz} < f < 428,5 \text{ THz}$  [20].

### 1.1.10 RECEPTOR IR

Es empleado para recibir el código IR. El utilizado en este proyecto emplea el receptor infrarrojo modelo VS1838B de la marca Sharp (características indicadas en la Tabla 2), debido a las comodidades que ofrece y a su fácil adaptación a los requerimientos del sistema (Figura 11), además de su buena relación calidad/precio [21].

Tabla 2. Características receptor IR VS1838B

|                        | Descripción   |
|------------------------|---------------|
| Voltaje de operación   | 2,7 V a 5,5 V |
| Distancia de recepción | 4 m           |

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| Angulo de recepción     | ±45 Grados |
| Frecuencia de recepción | 38 KHz     |



Figura 11. *Receptor IR*

**Fuente:** [21]

### 1.2.10 EMISOR IR

El emisor IR LD271 de la marca Siemens (Figura 12), envia los códigos con las acciones previamente programadas hacia el receptor y el Arduino.



Figura 12. *Emisor IR LD271*

**Fuente:** [21].

Tiene una longitud de onda de 950nm, la cual permite enviar cualquier código sin que entre en conflicto con los receptores de los equipos a controlar [21]. Las características del emisor IR LD271 se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3. Características emisor IR LD271**

| Características técnicas Emisor IR |           |
|------------------------------------|-----------|
| Voltaje de operación               | 3,3V a 5V |
| Pico de longitud de onda           | 950 nm    |
| Angulo de visión                   | 50 grados |

### 1.11 AC DIMMER

Es un regulador de corriente alterna que está diseñado para controlar el voltaje. En la mayoría de los casos se utiliza para encender/apagar lámparas, pero se puede acoplar para utilizar en otros elementos como ventiladores, bombas, calefacción, etc.

El módulo AC Dimmer mostrado en la Figura 13 se utiliza para implementar sistemas en hogares inteligentes y por lo general es empleado para cambiar suavemente el brillo de la luz [22].

El regulador está conectado a los controladores de Arduino a través de dos pines digitales, los cuales se utilizan de la siguiente forma:

- Zero: Para controlar el paso de fase nula de CA con lo que se inicializa la señal de interrupción.
- PWM: Para controlar la corriente.

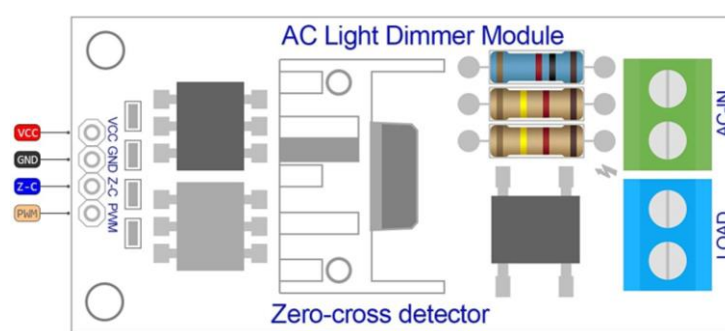


Figura 13. Módulo AC Dimmer

Fuente: RobotDyn [22].

## 1.12 EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍA DE ASISTENCIA

La evaluación de la tecnología de asistencia puede realizarse a través de la aplicación de la Prueba de Evaluación de Tecnología Asistiva (QUEBEC User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology) cuyo formulario se encuentra en el Anexo 1. El QUEST evalúa la satisfacción de personas que emplean estos dispositivos teniendo en consideración los efectos y costos que éstos producen [23]. La evaluación consta de dos partes, la primera trata de evaluar ocho aspectos en relación con el dispositivo de asistencia, la segunda evalúa cuatro aspectos con respecto a los servicios prestados. Cada ítem puntúa de 1 a 5, siendo 1 nada satisfecho y 5 muy satisfecho [23].

# CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

## 2.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

En la Figura 14 se muestran los componentes del sistema. El usuario interactúa con los equipos gracias a las etapas de censado, transmisión y control.

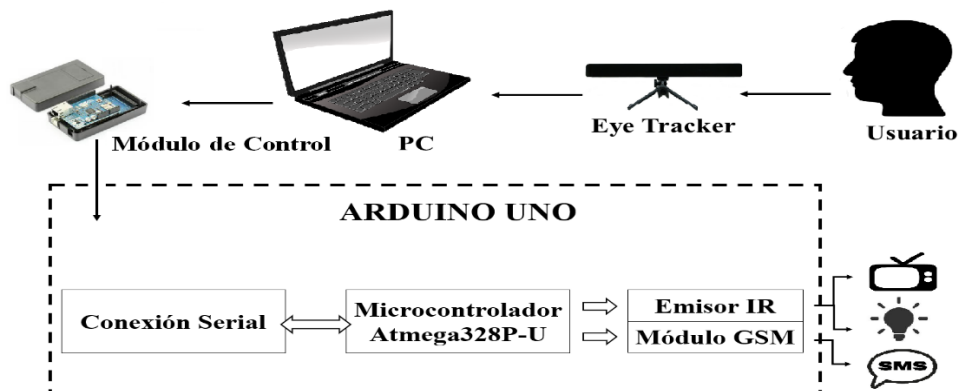


Figura 14. Diagrama con los componentes del sistema.

Fuente: Autores

En el PC se visualiza una interfaz gráfica con la cual el usuario interactúa. Se realiza el seguimiento ocular mediante el sensor Eye Tracker para enviar la información hacia el computador. Luego el PC envía los datos hacia un módulo de control, el cual finalmente procesa la información para realizar la acción deseada por el usuario.

## 2.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Para comprender el proceso que realiza el sistema se ha desarrollado un diagrama de bloques (Figura 15) en el cual se observa las etapas de hardware y



software.

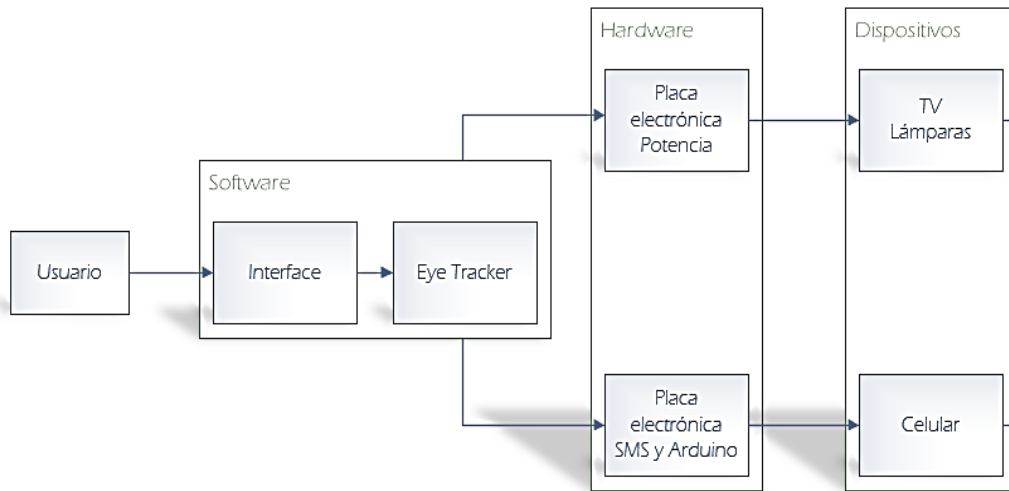


Figura 15. Diagrama de bloques del sistema

Fuente: Autores

La etapa del hardware incluye el sensor Eye Tracker, el módulo IR emisor (dimensiones 19x15x14 mm) y un Dimmer (dimensiones 50x75x25.4 mm y peso de 18.15 gramos), la placa electrónica con el procesador para comandar las acciones deseadas por el usuario y finalmente la estructura que contiene los dispositivos mencionados. La etapa de software cuenta con una interfaz gráfica para la selección de las acciones que se van a desarrollar, la cual es intuitiva y de fácil uso. Estas etapas se describen a en las siguientes secciones.

## 2.3 HARDWARE

La descripción del desarrollo del hardware del sistema que incluye los sensores, el diseño de las placas y el montaje de la caja contenedora se describe a continuación.

### 2.1.3 EYE TRACKER

El Eye Tracker (Tobii) es un sensor de movimiento ocular (Figura 16) que se conecta a través de USB hacia la PC y se ubica en la parte inferior de esta. Sus dimensiones son 2 x 33,5 x 1,75 cm y tiene un peso de 150 gramos. Permite trabajar a una distancia de 50 cm a 95 cm, con una velocidad de muestreo de 250 Hz y es compatible con el sistema operativo Windows 7, 8.1, y 10.



Figura 16. Seguimiento ocular del usuario mediante el sensor Eye Tracker  
**Fuente:** Eye Tracker [13]

El Eye Tracker por sus dimensiones no causa molestias durante la interacción del usuario con la interfaz gráfica en la pantalla. Como se muestra en la Figura 16, el sensor se coloca en la parte inferior de la pantalla, cumpliendo la distancia especificada por el sensor que es de máximo 90 cm. La persona puede observar sin inconvenientes la pantalla, acceder a las distintas opciones y seleccionar la que se adapte a su necesidad. El sensor Eye Tracker se alimenta directamente desde la PC, debido a que requiere 5V DC.

### 2.2.3 MÓDULOS PARA CONTROL

Los módulos de control poseen un Arduino Uno (basado en un microcontrolador Atmega 328P-U) para recibir las instrucciones seleccionadas por el usuario en la interfaz gráfica y ejecutar las siguientes tareas:

- ✓ Control del TV
- ✓ Control de la intensidad de la iluminación de la habitación
- ✓ Transmitir las necesidades básicas a través de mensajes de texto.

El sistema consta de dos módulos de control: un módulo principal y un módulo secundario.

El módulo de control principal envía los códigos necesarios para el control del TV y el control de iluminación con un Arduino Uno. Estas acciones se realizan mediante un sensor emisor IR de 5mm. El envío de mensajes se realiza con una placa SIM 900L, la cual tiene dimensiones de 54 x 69 mm y un peso de 30 gramos. El módulo principal se alimenta con 5V DC que se toma directamente desde la PC.



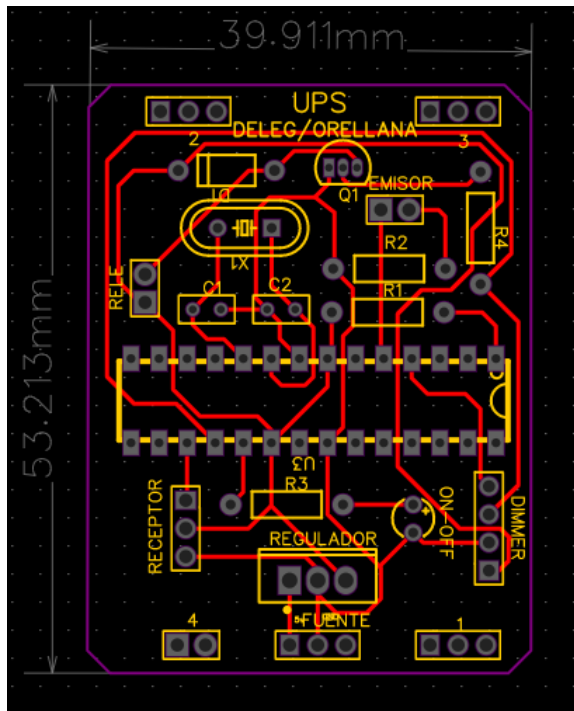


Figura 18: Diseño del PCB de la placa de envío y recepción de datos de los módulos de control del sistema.

Fuente: Autores

En la Figura 19 (a) se muestra la parte posterior de la placa construida y en la Figura 19 (b) la vista frontal de la placa con el montaje final de los elementos utilizados. En la imagen de la placa es posible reconocer el microcontrolador Atmega 328P-U, los sensores infrarrojos IR receptor y el módulo Dimmer.

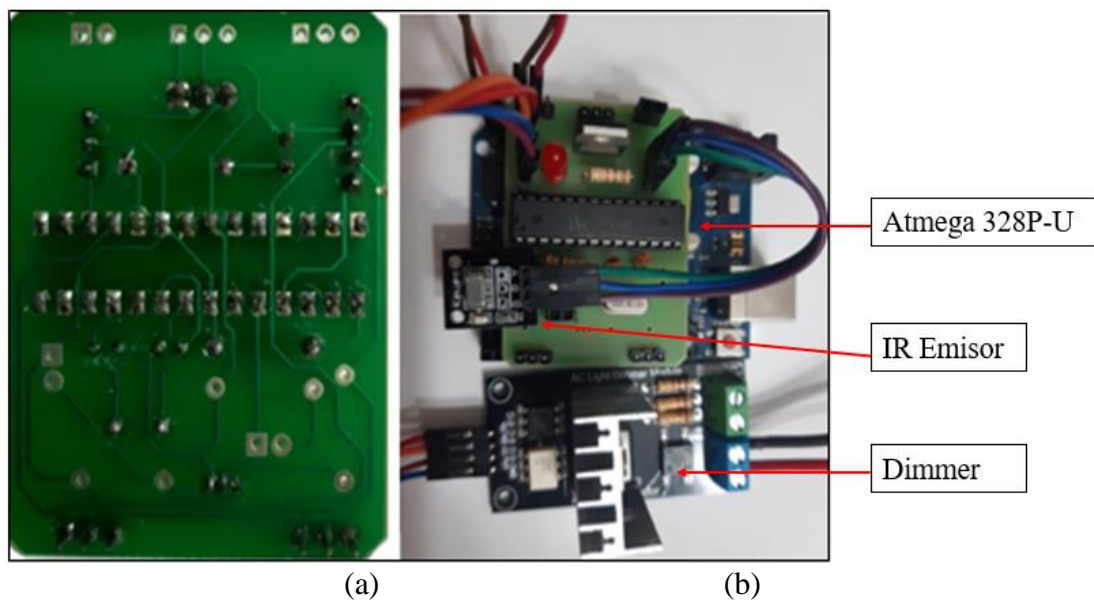


Figura 19. Placa de envío y adquisición de datos de los módulos de control del sistema. (a) vista posterior, (b) vista frontal.

Fuente: Autores

Se diseñaron y construyeron cajas contenedoras para las placas del módulo de control y del módulo secundario. El diseño se realizó en el software AutoCAD 2020 con una extensión “.dwg”. En la Figura 20 se presenta el diseño final.

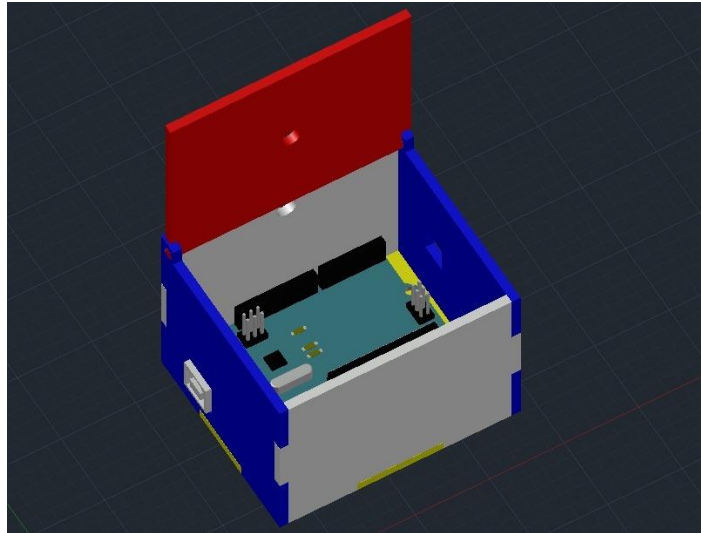
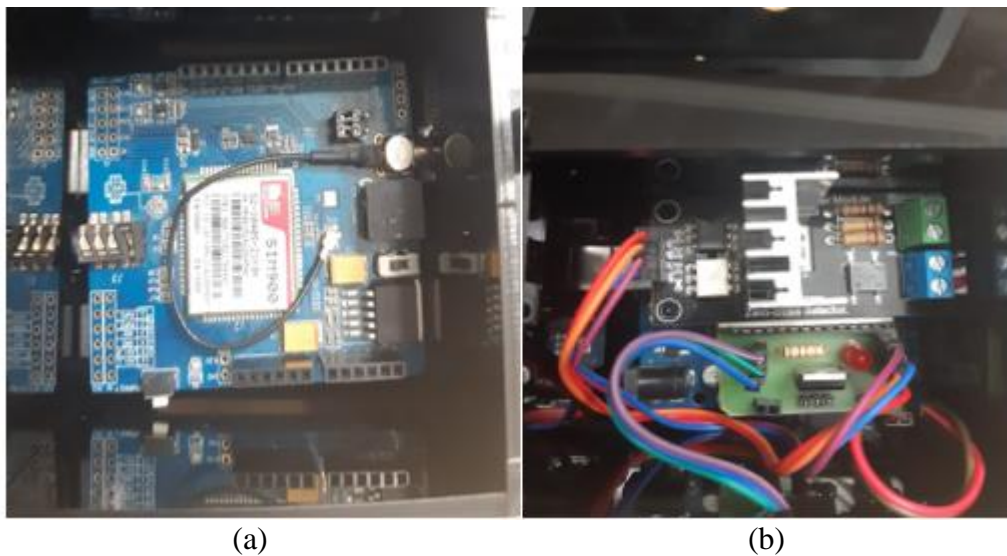


Figura 20: *Diseño de la caja en software AutoCAD*  
**Fuente:** Autores

Se construyeron dos cajas (dimensión 68x81x61 mm) con acrílico y una cortadora láser. En la Figura 21 (a) se muestra la caja con la placa del módulo principal que se ubica cerca del usuario y en la Figura 21 (b) se muestra la caja que se coloca en el tumbado para el control de la intensidad luminosa de la habitación.



(a) (b)  
Figura 21: *Cajas contenedoras finalizadas.*  
**Fuente:** Autores

En la Figura 22 se observa el montaje de todos los elementos del Módulo de Control y Módulo secundario, necesarios para el funcionamiento del sistema.



Figura 22. Módulo principal y módulo secundario  
Fuente: Autores

## 2.4 SOFTWARE

Para el desarrollo del sistema se usó un PC con sistema operativo Windows, el software libre Python para el desarrollo de la interfaz gráfica y Arduino basado en C++ para la comunicación e interacción con los sensores.

Para desarrollar la interfaz gráfica en Python (Ver Anexo 2) se emplearon las siguientes librerías:

- ✓ Librería “tkinter”, la cuál es la interfaz estándar para el desarrollo de GUI.
- ✓ Librería “PIL” para agregar imágenes en cualquier formato
- ✓ Librería “serial” para la interacción con Arduino

En la Figura 23 se muestra el flujograma del software del módulo de control. Se parte del hecho de que existe un usuario que puede acceder a una interfaz gráfica que consta de botones para seleccionar acciones. La selección se reconoce por un comando enviado por el sensor Eye Tracker, que realiza seguimiento ocular. Cuando

se ha escogido alguna opción, Python envía los datos hacia el con el formato “.encode()” mediante comunicación serial para que sean decodificados en el Módulo de Control. Se escoge entre diferentes “case” para la toma de decisiones y posteriormente el Arduino ejecuta la acción programada enviando los datos mediante los emisores IR. Para esto se requiere el uso de la librería “IRremote”, la cual ha sido desarrollada con el fin de controlar equipos a distancia con IR. El envío de mensajes se consigue mediante códigos ATM. La programación completa del Módulo de Control se puede observar en el Anexo 3.

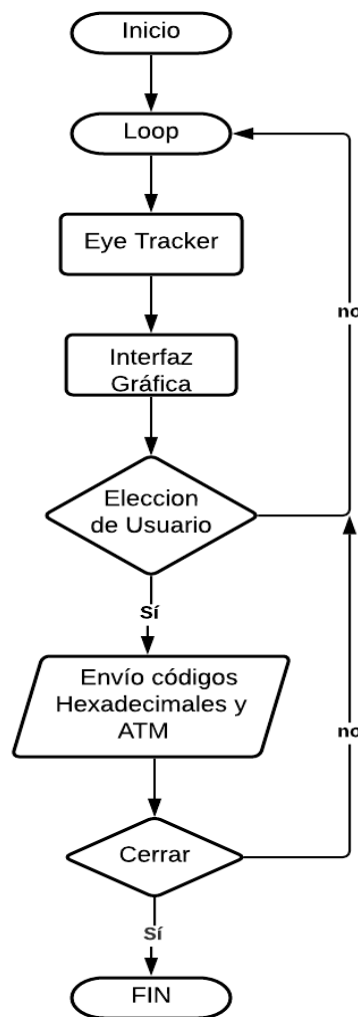


Figura 23. *Flujograma del módulo de control*  
**Fuente:** Autores

Para realizar el control de iluminación de la habitación, cuyo proceso se muestra en el flujograma de la Figura 24, se requiere un receptor IR que interprete los datos enviados desde el Módulo de Control y un Dimmer que realice el control



deseado. Estos dos elementos no funcionan de forma simultánea por lo que es necesario realizar una conexión I2C configurando así el Arduino uno como maestro y la placa con el microcontrolador como esclavo.

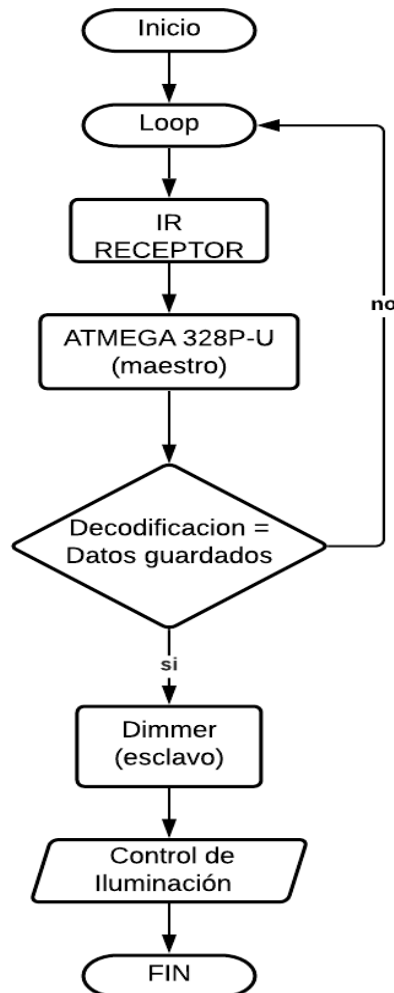


Figura 24: Flujograma del módulo secundario  
Fuente: Autores

El Arduino uno configurado como maestro requiere de la librería “Wire” para realizar la conexión I2C y la librería “IRremote” para leer los códigos hexadecimales enviados por el Módulo de Control. Aquí el Arduino uno compara mediante la sentencia “if” el código que recibe y en caso de que alguno coincida con los predefinidos, se envía hacia el esclavo un dato el cual debe ser ejecutado.

La placa con el microcontrolador Atmega 328P-U requiere la librería “Wire” para configurarlo como esclavo. Mediante la sentencia “case” se escoge una acción con base al dato enviado por el maestro. Para que esto se ejecute se necesita la librería



“RBDdimmer” en el control de iluminación. La programación completa del módulo secundario se encuentra en el Anexo 4.

## 2.5 INTERFAZ GRÁFICA

En la Figura 25 se observa el menú principal de la interfaz gráfica. Cuando una persona selecciona alguna opción con el sensor Eye Tracker, se visualiza una nueva ventana con las opciones para el control del equipo escogido.



Figura 25. Menú principal de la interfaz gráfica.

Fuente: Autores

En el caso de escoger el control de TV se visualiza como segunda ventana la indicada en la Figura 26. Esta cuenta con diferentes botones para controlar volumen, avance de canales y regreso al menú principal.



Figura 26. *Control de la Tv.*  
**Fuente:** Autores

Cuando del menú principal se escoge la opción de mensajes grabados, se visualiza la ventana indicada en la Figura 27. Aquí es posible escoger opciones para indicar y comunicar necesidades básicas como hambre, sed, ir al sanitario, salir, etc. Los mensajes pueden ser adaptados a las necesidades del usuario.



Figura 27. *Control de mensajes*  
**Fuente:** Autores

Cuando del menú principal se escoge la opción de control de iluminación, se visualiza la ventana indicada en la en la Figura 28. En ésta se pueden observar las opciones de

apagado, mediana intensidad y alta intensidad de la iluminación de la habitación, además de la opción para regresar al menú principal.



Figura 28. *Control de Iluminación.*  
**Fuente:** Autores

En la Figura 29 se observa el montaje de cada uno de los módulos del sistema para el control de la TV, iluminación y envío de mensajes. Para el control de iluminación de la habitación, la caja del módulo secundario se debe colocar en el tumbado.



Figura 29. *Ambiente de Pruebas*  
**Fuente:** Autores

En el Anexo 5 se encuentra un manual de uso que detalla los pasos a seguir para la configuración del sistema, con indicaciones para el empleo del sensor Eye Tracker, la conexión de los módulos de control y la ejecución del programa con la interfaz gráfica.

## **2.6 PRUEBAS**

Para verificar el funcionamiento del sistema, se realizaron pruebas técnicas y pruebas para conocer la aceptación del sistema con participantes empleando un protocolo y la prueba QUEST.

### **2.1.6 PRUEBAS TÉCNICAS**

El objetivo de las pruebas técnicas fue el comprobar el funcionamiento del sistema, se determinó la distancia de cobertura de los sensores, se midieron los tiempos de respuesta y se analizó el tamaño de la interfaz gráfica es el adecuado para los usuarios.

- **DISTANCIA DE COBERTURA**

Para garantizar el correcto seguimiento ocular del sensor Eye Tracker la distancia de cobertura recomendada por el fabricante es de 50 cm a 95 cm. En cuanto a la distancia de cobertura para el funcionamiento de los módulos de control, ésta deberá ser de al menos 2,50 m ya que es una distancia promedio a la que se ubica un TV en una habitación.

- **TIEMPO DE RESPUESTA**

Se medirá el tiempo en el que el sistema responde para ejecutar las acciones indicadas en la interfaz gráfica, tanto para realizar el cambio de iluminación, control del TV y el envío de mensajes.

Para el sistema de envío de mensajes se medirá el tiempo desde que la instrucción fue escogida hasta que el mensaje llega al remitente. Se considerarán los tiempos de retardo de los proveedores del servicio de mensajería (SMS) para definir el tiempo de respuesta de los equipos ocupados en este sistema.

- **TAMAÑO DE LA INTERFAZ GRÁFICA**

Para evaluar la interfaz gráfica se considerará la comodidad del usuario al escoger entre las opciones, es decir, si estas son pequeñas, grandes o difíciles de interpretar para la acción deseada.

### **2.2.6 PROTOCOLO DE PRUEBAS**

Para la fase de pruebas con usuarios se contó con la colaboración de 8 sujetos saludables con un promedio de 51 años  $\pm$  14,9. A los participantes se les indicó el objetivo de las pruebas y la funcionalidad del equipo diseñado en este proyecto, después de lo cual se solicitó firmar un consentimiento informado (Anexo 6). Se desarrolló el siguiente protocolo para el uso seguro de los equipos:

1. Fijar el Eye Tracker sobre la PC.
2. No colocar el módulo de control en ambientes con temperaturas mayores a los 40°C y menores de -10°C.
3. Colocar el cable de datos USB desde el módulo de control hacia la PC de forma que no incomode al usuario.
4. Indicar al usuario que no debe manipular ninguno de los equipos utilizados ya que funcionan con un voltaje eléctrico potencialmente peligroso.

Para el diseño del protocolo se consideró la seguridad de los participantes, además, debido a la emergencia sanitaria por el COVID-19 se consideró un protocolo de bioseguridad con el fin precautelar la salud de todos los participantes en el proceso de evaluación que se describe a continuación:

- **BIOSEGURIDAD**

Para prevenir la propagación del COVID-19 se deben considerar las siguientes medidas:

1. Desinfectar el entorno en el que se realizará la prueba, así como desinfectar los equipos antes y después de cada prueba.
2. Al ingreso del domicilio se ha adecuado un espacio para que el paciente realice una limpieza de manos y se ha colocado información en la pared con las indicaciones que se muestra en la Figura 30.









Figura 30. Indicaciones para la correcta limpieza de manos.

Fuente: Autores

- Para el ingreso a la habitación es obligatorio el uso de los equipos de protección personal descritos en la Tabla 4.

Tabla 4. Equipos de protección personal

| Entorno    | Rol             | Actividad   | Equipo de protección personal (EPP)  |   |   |   |
|------------|-----------------|---|--|---|---|---|
|            |                 |   | Mascarilla   | Guantes   | Bata  | Protector facial  |
| Habitación | Usuario         | Ejecución de secuencias guiadas y voluntarias.          |    |    |   |   |
|            | Desarrolladores | Supervisión del correcto funcionamiento de los equipos. |  |  |  |  |

- Las pruebas serán realizadas por un usuario a la vez, con una diferencia de una hora entre pruebas. Esto con el fin de evitar aglomeraciones y contar con el tiempo necesario para la desinfección de los equipos.

El protocolo a seguir para el desarrollo de las pruebas se describe a continuación:

- PRUEBAS**

- Se explicará al participante cómo funciona el sistema.
- Se pedirá al participante que se siente cómodamente y que reconozca el sistema completo. Se colocará la PC de manera que no moleste al usuario y permita el fácil uso del sistema. El sensor Eye Tracker se ubica a una distancia de 50 cm y el módulo de control se sitúa en un lugar fijo y estable.
- Se dará al usuario un tiempo de 5 minutos hasta que se pueda familiarizar con el sistema. Posteriormente se solicitará realizar dos tipos de secuencias:

- a) La primera secuencia consiste en el desarrollo de las acciones indicadas en la Tabla 5 y Tabla 6. Se realizará dos repeticiones.
- b) La segunda secuencia consiste en 11 diferentes acciones a voluntad del usuario.

Durante las pruebas se tomará el tiempo que le toma a cada participante ejecutar una acción.

Tabla 5. Primera secuencia guiada

| <b>Equipo</b>     | <b>Acción</b>   |
|-------------------|---|
| TV                | Prender TV<br>Subir el volumen<br>Cambiar el canal<br>Bajar volumen<br>Cambiar canal<br>Apagar el televisor |
| Lámpara           | Intensidad alta<br>Intensidad media<br>Apagar la lámpara  |
| Envío de mensajes | Quiero jugar<br>Quiero comer<br>Quiero ir al Parque   |

Tabla 6. Segunda secuencia guiada

| <b>Equipo</b>     | <b>Acción</b>        |
|-------------------|----------------------|
| TV                | Prender el televisor |
| TV                | Subir el volumen     |
| Lámpara           | Intensidad alta      |
| Envío de mensajes | Quiero jugar         |
| Envío de mensajes | Quiero comer         |
| TV                | Cambiar canal        |
| TV                | Subir el volumen     |
| Lámpara           | Intensidad media     |
| Lámpara           | Apagar la lámpara    |
| Envío de mensajes | Quiero ir al baño    |
| Envío de mensajes | Quiero comer         |
| TV                | Apagar el televisor  |

Finalmente se solicita a cada uno de los participantes que responda la encuesta QUEST.

# **CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

A continuación, se describen los resultados obtenidos de las pruebas.

## **3.1 PRUEBAS TÉCNICAS**

### **3.1.1 DISTANCIA DE COBERTURA**

La distancia de cobertura del sensor Eye Tracker con respecto a la ubicación de la persona mediante ensayos con los diferentes sujetos se ha promediado en 57,3 cm  $\pm$  1,77 cm, lo cual está dentro de lo permitido por el sensor (50 cm a 95 cm).

La distancia de cobertura del módulo de control principal mediante ensayos de prueba y error se ha determinado que tiene un alcance de 3,50 m  $\pm$  15cm, esta distancia es suficiente para interactuar con el TV.

### **3.2.1 TIEMPO DE RESPUESTA**

Realizando varias pruebas se verificó que el cambio de iluminación se realiza en un periodo máximo de 3 segundos. El hecho de que la caja del módulo secundario se encuentra en el tumbado influye en este tiempo de respuesta del sistema, debido a que los códigos llegan incompletos. Para solventar esta situación el sistema envía 4 veces el código de confirmación.

El tiempo de respuesta del sistema de envío de mensajes es de aproximadamente 10 segundos. Se verificó que este tiempo es el mismo que se presenta al enviar un mensaje sin el sistema.



### 3.3.1 TAMAÑO DE LA INTERFAZ GRÁFICA

En cuanto al tamaño de la interfaz gráfica no se presentó mayor inconveniente durante las pruebas, debido a que ésta ocupa toda la pantalla del PC. Los comentarios de los participantes indican que los íconos son muy intuitivos, los botones que componen las ventanas son grandes y tienen un espacio de separación suficiente para no confundir al usuario.

### 3.2 PRUEBAS CON EL PROTOCOLO

Las pruebas de funcionamiento del sistema se realizaron con el protocolo descrito en el capítulo anterior. Se cronometró el tiempo de cada participante para completar las secuencias guiadas. En la Tabla 7 y Tabla 8 se encuentran los resultados (tiempo en segundos) obtenidos de las pruebas con los usuarios.

Tabla 7. Tiempo en segundos de la primera secuencia guiada

| Equipo   | Acción              | S1    | S2    | S3    | S4    | S5    | S6    | S7    | S8    | Promedio   |
|----------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| TV       | Prender TV          | 5,64  | 7,32  | 8,44  | 6,8   | 9,89  | 4,01  | 6,32  | 4,04  | 6,56±2,04  |
|          | Subir el volumen    | 4,23  | 6,34  | 5,76  | 4,84  | 6,36  | 4,15  | 6,53  | 5,35  | 5,45±0,96  |
|          | Cambiar el canal    | 5,48  | 6,78  | 6,17  | 5,69  | 7,00  | 4,98  | 4,28  | 3,80  | 5,47±1,06  |
|          | Bajar el volumen    | 6,87  | 6,65  | 4,90  | 4,00  | 4,59  | 6,76  | 6,01  | 5,65  | 5,68±1,09  |
|          | Cambiar el canal    | 4,02  | 6,68  | 5,55  | 3,6   | 4,85  | 3,94  | 3,89  | 2,20  | 4,34±1,35  |
|          | Apagar TV           | 5,41  | 5,60  | 4,65  | 7,58  | 2,95  | 10,33 | 4,26  | 2,30  | 5,39±2,58  |
| LÁMPARA  | Intensidad alta     | 6,69  | 6,88  | 3,75  | 12,2  | 11,53 | 7,10  | 10,61 | 3,55  | 7,79±3,34  |
|          | Intensidad media    | 7,85  | 4,09  | 5,64  | 4,20  | 13,90 | 10,67 | 11,86 | 5,34  | 7,94±3,76  |
|          | Apagar la lámpara   | 7,24  | 5,94  | 6,12  | 5,57  | 7,52  | 11,25 | 4,34  | 5,41  | 6,67±2,11  |
| MENSAJES | Quiero jugar        | 11,68 | 10,99 | 9,84  | 11,54 | 17,02 | 12,05 | 11,09 | 12,58 | 12,10±2,15 |
|          | Quiero comer        | 10,75 | 11,34 | 11,26 | 10,8  | 14,61 | 14,48 | 13,62 | 14,15 | 12,63±1,73 |
|          | Quiero ir al parque | 10,01 | 9,37  | 11,58 | 10,34 | 11,29 | 13,11 | 13,64 | 12,12 | 11,43±1,50 |

Tabla 8. Tiempo en segundos de la segunda secuencia guiada.

| Equipo            | Acción            | S1    | S2    | S3    | S4    | S5    | S6    | S7    | S8    | Promedio   |
|-------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| TV                | Prender TV        | 4,78  | 6,82  | 5,24  | 5,82  | 6,55  | 8,31  | 4,06  | 3,92  | 5,69±1,50  |
|                   | Subir el volumen  | 3,85  | 6,36  | 5,96  | 3,79  | 7,54  | 5,84  | 6,02  | 2,68  | 5,26±1,63  |
| LÁMPARA           | Intensidad alta   | 6,48  | 7,98  | 5,52  | 4,17  | 7,22  | 15,60 | 9,09  | 5,76  | 7,73±3,53  |
| Envío de mensajes | Quiero jugar      | 11,86 | 10,55 | 10,72 | 11,52 | 11,64 | 12,37 | 12,55 | 11,76 | 11,62±0,70 |
|                   | Quiero comer      | 10,14 | 10,61 | 11,32 | 10,67 | 11,50 | 12,01 | 12,05 | 12,17 | 11,31±0,76 |
| TV                | Cambiar canal     | 4,71  | 7,56  | 5,70  | 6,25  | 2,50  | 10,02 | 3,95  | 2,36  | 5,38±2,59  |
|                   | Subir el volumen  | 3,85  | 6,36  | 5,96  | 3,79  | 7,54  | 5,84  | 6,02  | 2,68  | 5,26±1,63  |
| LÁMPARA           | Intensidad media  | 7,48  | 5,67  | 6,38  | 4,72  | 14,13 | 9,10  | 3,23  | 3,46  | 6,77±3,57  |
|                   | Apagar lámpara    | 6,15  | 5,50  | 4,79  | 3,72  | 4,05  | 7,17  | 6,03  | 4,06  | 5,18±1,23  |
| Envío de mensajes | Quiero ir al baño | 9,94  | 11,53 | 10,03 | 10,99 | 12,71 | 13,78 | 10,28 | 11,44 | 11,34±1,35 |
|                   | Quiero comer      | 10,14 | 10,61 | 11,32 | 10,67 | 11,5  | 12,01 | 12,05 | 12,17 | 11,31±0,76 |
| TV                | Apagar TV         | 2,62  | 6,85  | 5,31  | 6,85  | 7,77  | 7,10  | 3,90  | 4,40  | 5,60±1,83  |

Se midió el tiempo que tomó la ejecución de la secuencia aleatoria y estos resultados se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Promedio en completar cada secuencia.

| Etapa                          | Tiempo [segundos] |
|--------------------------------|-------------------|
| Tiempo de colocación           | 17,88             |
| Tiempo de secuencia 1          | 379,00            |
| Tiempo de secuencia 2          | 360,00            |
| Tiempo de secuencia voluntaria | 351,00            |

La secuencia voluntaria ha promediado tiempos similares a los obtenidos en las secuencias 1 y 2, sin embargo, existe una gran cantidad de combinaciones posibles, por lo que, se contabiliza el número de elecciones que han realizado los diferentes pacientes para así determinar la actividad de mayor relevancia e importancia del usuario frente al sistema.

Tabla 10. Acciones escogidas en la secuencia aleatoria.

| Acción   | N° de elecciones |
|----------|------------------|
| Mensajes | 38               |
| TV       | 31               |
| LUZ      | 19               |
| Suma     | 88               |

Como se puede observar en la Tabla 10, la acción más escogida por los usuarios fue la de mensajes y dentro de esta acción la que más destaca es el de “ir a comer”, las diferentes acciones escogidas se observan en la Tabla 11

Tabla 11. Acciones escogidas en la secuencia voluntaria

| Ir a comer | Ir al baño | Prender TV | Ir al parque | Apagar Luz | Ir a jugar | Cambiar Canal | Bajar volumen | Luz media | Luz alta | Subir volumen | Apagar TV |
|------------|------------|------------|--------------|------------|------------|---------------|---------------|-----------|----------|---------------|-----------|
| 11         | 10         | 9          | 9            | 8          | 8          | 7             | 7             | 5         | 5        | 5             | 4         |



Figura 31. Porcentaje de distribución de las acciones aleatorias.

En la Figura 32 se muestra al sujeto S1 utilizando el prototipo con las diferentes tareas asignadas de la primera secuencia guiada.



Figura 32 *Sujeto 1 con el sistema en la primera secuencia guiada*

En la Figura 33 se muestra al sujeto S5 utilizando el prototipo con una tarea de la segunda secuencia guiada.

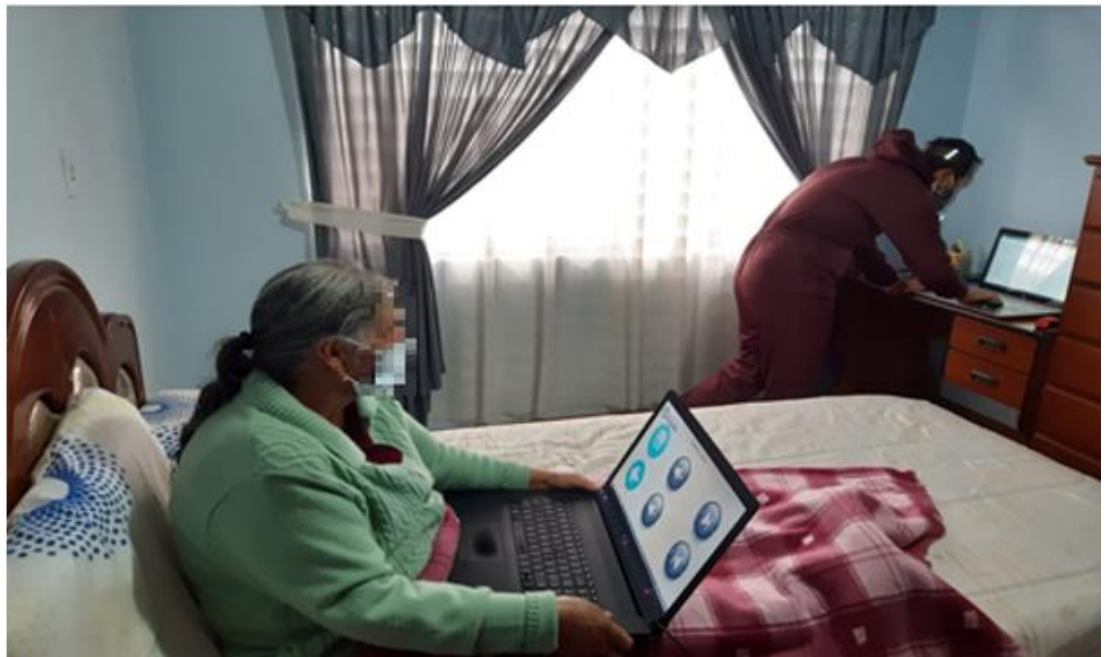


Figura 33 *Sujeto S5 en la segunda secuencia guiada*

Los resultados de la encuesta QUEST del sujeto S8 se observa en la Tabla 12.

Tabla 12. Resultados de la encuesta QUEST.

|   |         |   |           |
|---|---------|---|-----------|
| <b>Apartado de tecnología</b>                       |         | Interfaz Gráfica  |           |
| <b>Nombre del usuario</b>                           |         | S8  |           |
| <b>Fecha de evaluación</b>                          |         | 17 de Julio de 2020   |           |
| <b>Hace cuanto tiempo usa el aparato</b>            |         | 40 minutos  |           |
| <b>Edad</b>   | 75 años | <b>Género</b>   | Masculino |
| <b>Patología</b>                                    |         | Ninguna   |           |
| <b>Régimen de seguridad Social</b>                  |         | No aplica   |           |
| <b>Observador</b>                                   |         | Raúl Déleg- David Orellana                                    |           |
| <b>Sección de Puntaje</b>                           |         |   |           |
| <b>Número de respuestas no válidas:</b>             |         | 0   |           |
| <b>Sub escala del dispositivo:</b>                  |         | 33  |           |
| <b>Sub escala de servicio:</b>                      |         | 15  |           |
| <b>Puntaje total del QUEST:</b>                     |         | 48  |           |
| <b>3 preguntas más importantes de satisfacción:</b> |         | Peso<br>Facilidad de Utilizarlo<br>Reparación y mantenimiento |           |

La Tabla 13 indica los resultados alcanzados por las diferentes pruebas, además del tiempo empleado para realizar cada secuencia.

Tabla 13. Resumen de los resultados de las pruebas

|                                   | <b>S1</b> | <b>S2</b> | <b>S3</b> | <b>S4</b> | <b>S5</b> | <b>S6</b> | <b>S7</b> | <b>S8</b> | <b>Promedio</b> |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| <b>Edad [años]</b>                | 45        | 44        | 75        | 47        | 42        | 50        | 36        | 75        | 51,75±14,91     |
| <b>Distancia Eye Tracker [cm]</b> | 57        | 58        | 61        | 58        | 57        | 56        | 55        | 57        | 57,38±1,77      |
| <b>Colocación [segundos]</b>      | 15        | 21        | 18        | 17        | 15        | 18        | 20        | 19        | 17,88±2,17      |
| <b>Secuencia 1 [segundos]</b>     | 367       | 374       | 396       | 387       | 385       | 381       | 356       | 387       | 379,13±12,84    |
| <b>Secuencia 2 [segundos]</b>     | 319       | 326       | 412       | 381       | 374       | 376       | 348       | 347       | 360,38±31,04    |
| <b>Secuencia Voluntaria</b>       | 352       | 320       | 367       | 348       | 357       | 351       | 357       | 355       | 350,88±13,71    |
| <b>QUEST Respuesta no válidas</b> | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -               |
| <b>QUEST Dispositivo /35</b>      | 33        | 34        | 31        | 33        | 33        | 35        | 35        | 33        | 33,38±1,30      |

|                                    |  |   |  |  |  |                                   |                         |   |            |
|------------------------------------|--|---|--|--|--|-----------------------------------|-------------------------|---|------------|
| <b>QUEST Servicios /15</b>         | 15   | 15                                      | 12                                       | 15   | 15   | 15                                | 15                      | 14  | 14,50±1,07 |
| <b>3 preguntas de satisfacción</b> | Seguridad, comodidad, asistencia profesional | Seguridad, comodidad, servicio continuo | Peso, seguridad, facilidad de utilizarlo | Facilidad de utilizarlo, comodidad, asistencia profesional | Seguridad, comodidad, reparación y mantenimiento | Seguridad, durabilidad, comodidad | Peso, ajuste, comodidad | Facilidad de utilizarlo, peso, reparación y mantenimiento |            |

De la Tabla 13 en el ítem de las tres preguntas de satisfacción para obtener la prioridad del usuario, se obtienen un diagrama de barras (Figura 34) que indica la importancia que cada sujeto le da al probar el sistema de asistencia.

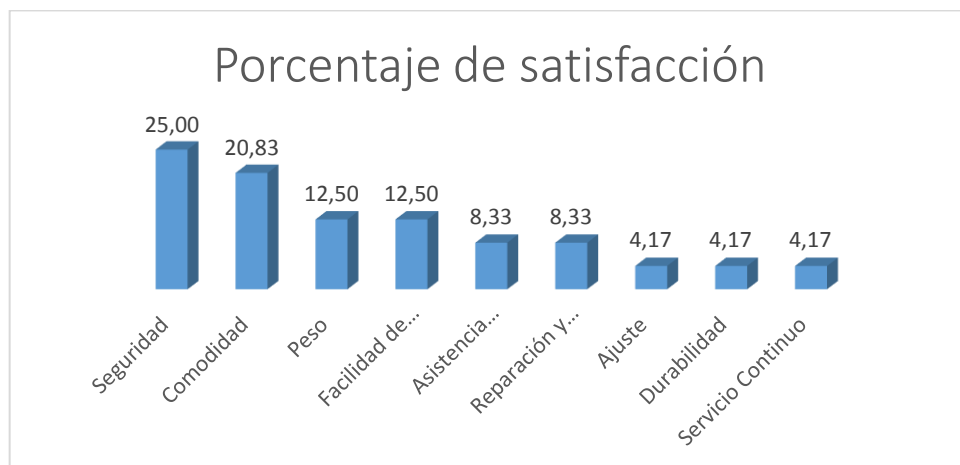


Figura 34. Porcentaje de la pregunta de satisfacción del usuario

La Tabla 14 indica los resultados obtenidos por el Test QUEST realizado a cada participante después de realizar las pruebas con el sistema.

**Tabla 14 Resultados del Test QUEST**

| <b>PREGUNTAS</b>  | <b>S1</b> | <b>S2</b> | <b>S3</b> | <b>S4</b> | <b>S5</b> | <b>S6</b> | <b>S7</b> | <b>S8</b> | <b>Promedio</b> |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| 1. Las dimensiones (talla, ancho, largo)  | 4         | 5         | 4         | 5         | 5         | 5         | 5         | 3         | 4,50±0,76       |
| 2. El peso  | 5         | 5         | 4         | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         | 4,88±0,35       |
| 3. La facilidad para ajustar (graduar, asegurar) las partes del sistema   | 5         | 5         | 5         | 4         | 4         | 5         | 5         | 5         | 4,75±0,46       |
| 4. La seguridad y la posibilidad de que no le haga daño el sistema  | 5         | 4         | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         | 4,88±0,35       |
| 5. La durabilidad (duración y resistencia al uso)   | 5         | 5         | 4         | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         | 4,88±0,35       |
| 6. La facilidad para usar (tenerlo puesto)  | 5         | 5         | 4         | 4         | 4         | 5         | 5         | 5         | 4,63±0,52       |
| 7. La comodidad   | 4         | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         | 4,88±0,35       |
| <b>SERVICIOS</b>  |           |           |           |           |           |           |           |           |                 |
| 9. La calidad de los servicios profesionales (información, atención) que usted recibió para utilizar el sistema | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         | 5,00±0,00       |
| <b>PREGUNTAS ADICIONALES</b>  |           |           |           |           |           |           |           |           |                 |
| 1. Cuál es su nivel de satisfacción en general con el sistema   | 5         | 5         | 3         | 5         | 5         | 5         | 5         | 4         | 4,63±0,74       |
| 2. Cuál es su nivel de satisfacción en general con los servicios prestados                                      | 5         | 5         | 4         | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         | 4,88±0,35       |
| Suma  | 48        | 49        | 43        | 48        | 48        | 50        | 50        | 47        |                 |

### 3.3 ANÁLISIS DE PRESUPUESTO

Para la viabilidad de este prototipo se realizó un análisis del margen de costos de la materia prima, activos fijos y nominales. En la Tabla 15 se detalla el costo de cada elemento utilizado.

Tabla 15. Costo de materia prima.

| <b>Descripción</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Valor Unitario</b> |
|--------------------|-----------------|-----------------------|
| Eye tracker        | 1               | \$120                 |
| Computador HP      | 1               | \$1200                |
| Arduino Uno        | 2               | \$30                  |
| Módulo SIM900 Gsm  | 1               | \$45                  |

|   |   |        |
|---|---|--------|
| Módulo dimmer AC                                    | 1 | \$26   |
| Módulo IR Emisor y Receptor                         | 1 | \$5    |
| Carcaza para el Módulo de control emisor y receptor | 1 | \$30   |
| Total   |   | \$1460 |

### 3.1.3 ACTIVOS FIJOS Y NOMINALES

Para el cálculo de cada equipo o componente se consideran los costos fijos y nominales, aun contando con algunos equipos no se tomará en cuenta ya que pueden alterar alguno resultado de presupuestos. En la Tabla 16 se muestra los activos fijos y nominales.

Tabla 16 Costo de materia prima

| <b>Activos Fijos y Nominales</b>    |                              |                 |                       |                    |
|-------------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| <b>Activos fijos</b>                |                              | <b>Cantidad</b> | <b>Valor Unitario</b> | <b>Valor Final</b> |
| Equipo de computación               | Laptop Hp                    | 1               | \$1200                | \$1,200            |
| Equipo de oficina                   | Escritorio                   | 1               | \$125                 | \$125              |
|                                     | Sillas recepción y espera    | 4               | \$10                  | \$40               |
|                                     | Tarjeta de presentación Caja | 1               | \$5                   | \$5                |
|                                     | Teléfono fijo                | 1               | \$30                  | \$30               |
| Vehículo                            |                              | 1               | \$10200               | \$10200            |
| <b>Subtotales activos fijos</b>     |                              |                 |                       | \$11600            |
| <b>Activos nominales</b>            |                              |                 |                       |                    |
| Mano de obra directa                |                              | 2               |                       |                    |
| Servicios Básicos                   | Agua Potable                 | 1               | \$20                  | \$20               |
|                                     | Luz Eléctrica                | 1               | \$20                  | \$20               |
|                                     | Teléfono                     | 1               | \$10                  | \$10               |
|                                     | Internet (40Mbps)            | 1               | \$33                  | \$33               |
| Arriendo                            |                              | 1               | \$180                 | \$180              |
| <b>Subtotales activos nominales</b> |                              |                 |                       | \$263              |



### 3.2.3 COSTOS NO CONTROLABLES

Con los costos fijos y nominales se puede hacer un análisis del valor por unidad del dispositivo y así obtener un margen de ganancia. Cubriendo los costos más significativos como:

$$\text{Costo Mensual del Arriendo} = \frac{\frac{\text{Arriendo}}{\text{Días}}}{\text{Horas Días}} (\text{Horas de Producción}) \quad (1)$$

$$\text{Costo Mensual del Arriendo} = \frac{\frac{180}{30}}{24} (32)$$

$$\text{Costo Mensual del Arriendo} = \$8$$

$$\text{Costo Servicios Básicos} = \frac{\frac{\text{Total Servicios Básicos}}{\text{Días}}}{\text{Horas Días}} (\text{Horas de Producción}) \quad (2)$$

$$\text{Costo Servicios Basicos} = \frac{\frac{83}{30}}{24} (32)$$

$$\text{Costo Servicios Básicos} = \$3,68$$

### 3.3.3 COSTOS CONTROLABLES

Dentro de dichos costos se tomará en cuenta la implementación y el desarrollo (mano de obra).

$$\text{Mano de Obra} = \frac{(\text{salario mensual real})}{\text{Horas Mes}} (\text{Horas de Producción}) \quad (3)$$

$$\text{Mano de Obra} = \frac{800}{30(8)} (32)$$

$$\text{Mano de Obra} = \$106$$

### 3.4.3 COSTO SIN UTILIDAD

Con los costos controlables y no controlables se puede establecer un rango de valor que debería cubrir cada dispositivo.

$$\begin{aligned}
 \text{Costo sin utilidad} &= \text{Costo de Arriendo} + \text{Servicios Básicos} + \text{Materia Prima} + \text{Mano de Obra} \quad (4)
 \end{aligned}$$

$$\text{Costo sin utilidad} = \$8 + \$3,68 + \$256 + \$106$$

$$\text{Costo sin utilidad} = \$373,68$$

### 3.5.3 COSTO CON UTILIDAD

Para un costo con utilidad se instituye un margen del 25%, y así posteriormente se puede establecer el valor adecuado para el mercado.

$$\text{Costo con utilidad} = \text{Costo sin utilidad} + 30\% \quad (5)$$

$$\text{Costo sin utilidad} = \$373.68 + 30\%$$

$$\text{Costo sin utilidad} = \$485,78$$

### 3.6.3 PUNTO DE EQUILIBRIO

El punto de equilibrio se consigue cuando la cantidad de dispositivos vendidos en un mes convierte al proyecto en rentable, para conocer el punto de equilibrio del proyecto se utiliza la ecuación (6).

$$QE = \frac{CF}{\text{Precio} - CV} \quad (6)$$

$$QE = \frac{263}{485.78 - 256}$$

$$QE = 1,14$$

### 3.7.3 CALCULO DE TIR Y VAN

La rentabilidad del proyecto se calcula mediante el VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno).

Para calcular el VAN y TIR primero se requiere el flujo de caja (Tabla 17), además se requiere el valor de inversión inicial.

Tabla 17 Flujo de Caja

| Meses        | Cantidad | Ingresos     | Egresos      | Flujo de Caja |
|--------------|----------|--------------|--------------|---------------|
| 1            | 5        | \$ 2428,90   | \$ 1868,40   | \$ 560,50     |
| 2            | 10       | \$ 4857,80   | \$ 3736,80   | \$ 1121,00    |
| 3            | 15       | \$ 7286,70   | \$ 5605,20   | \$ 1681,50    |
| 4            | 20       | \$ 9715,60   | \$ 7473,60   | \$ 2242,00    |
| 5            | 25       | \$ 12144,50  | \$ 9342,00   | \$ 2802,50    |
| 6            | 30       | \$ 14573,40  | \$ 11210,40  | \$ 3363,00    |
| 7            | 35       | \$ 17002,30  | \$ 13078,80  | \$ 3923,50    |
| 8            | 40       | \$ 19431,20  | \$ 14947,20  | \$ 4484,00    |
| 9            | 45       | \$ 21860,10  | \$ 16815,60  | \$ 5044,50    |
| 10           | 50       | \$ 24289,00  | \$ 18684,00  | \$ 5605,00    |
| 11           | 55       | \$ 26717,90  | \$ 20552,40  | \$ 6165,50    |
| 12           | 60       | \$ 29146,80  | \$ 22420,80  | \$ 6726,00    |
| <b>TOTAL</b> |          | \$ 189454,20 | \$ 145735,20 | \$ 43719,00   |

$$VAN Prototipo = -A + \frac{Q_1}{(1+k)^1} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \frac{Q_3}{(1+k)^3} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k)^n} \quad (7)$$

En donde, a partir de la ecuación 7 se define;

- A: Inversión inicial
- K: la tasa de descuento
- Qn: los flujos de caja.

*VAN Prototipo*

$$\begin{aligned}
 &= -11600,00 + \frac{560,50}{(1+0,12)^1} + \frac{1121}{(1+0,12)^2} + \frac{1681,50}{(1+0,12)^3} \\
 &+ \frac{2242}{(1+0,12)^4} + \frac{2802,50}{(1+0,12)^5} + \frac{3363}{(1+0,12)^6} + \frac{3923,50}{(1+0,12)^7} \\
 &+ \frac{4484}{(1+0,12)^8} + \frac{5044,50}{(1+0,12)^9} + \frac{5605}{(1+0,12)^{10}} + \frac{6165,50}{(1+0,12)^{11}} \\
 &+ \frac{6726}{(1+0,12)^{12}}
 \end{aligned}$$

$$VAN Prototipo = 6418,20$$

Con los datos obtenidos del VAN se determina que el proyecto se convierte en rentable en el primer año en el mercado.

$$TIR \text{ Prototipo} = \sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} \quad (8)$$

*TIR Prototipo*

$$\begin{aligned}
 &= \frac{11600,00}{(1+0,12)^0} + \frac{560,50}{(1+0,12)^1} + \frac{1121}{(1+0,12)^2} + \frac{1681,50}{(1+0,12)^3} \\
 &+ \frac{2242}{(1+0,12)^4} + \frac{2802,50}{(1+0,12)^5} + \frac{3363}{(1+0,12)^6} + \frac{3923,50}{(1+0,12)^7} \\
 &+ \frac{4484}{(1+0,12)^8} + \frac{5044,50}{(1+0,12)^9} + \frac{5605}{(1+0,12)^{10}} + \frac{6165,50}{(1+0,12)^{11}} \\
 &+ \frac{6726}{(1+0,12)^{12}}
 \end{aligned}$$

$$TIR \text{ Prototipo} = 19\%$$

## **CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Los resultados obtenidos en el desarrollo del prototipo de este trabajo de titulación indican que se han cumplido los objetivos planteados.

Realizado el estudio del software libre se ha escogido Python para desarrollar el sistema y con base a esto se puede decir que se ha elegido al más idóneo ya que para el desarrollo de programas es intuitivo y de fácil comprensión, además que no presenta conflictos con el sensor Eye Tracker.

La interfaz gráfica desarrollada permite que el usuario tenga acceso rápido a tres diferentes acciones a controlar dentro de una habitación, esto se consiguió mediante librerías básicas que posee Python. Para la interfaz se consideraron varios factores como el tamaño de la ventana principal y secundaria y el tamaño de los botones con imágenes intuitivas de cada dispositivo a controlar.

La etapa de potencia fue diseñada de tal forma que permita ubicarse sobre el Arduino uno para aprovechar su alimentación, además de conectar todos los elementos requeridos para el control del equipo.

Para el control de la TV se han utilizado librerías ya existentes en Arduino lo que ha facilitado su configuración. Caso similar con el control de intensidad de iluminación de la habitación, sin embargo, es necesario mencionar el conflicto entre librerías de IR y Dimmer por lo que se utiliza la comunicación I2C para solucionar este problema siendo una forma rápida y económica.

El diseño y construcción del envío de mensajes ha sido un punto esencial dentro del sistema, ya que con base a las pruebas con sujetos específicamente a la secuencia voluntaria, un 43% de las acciones fueron la de transmitir alguna necesidad por lo que se requiere agregar más opciones en futuras mejoras.

Las cajas de los módulos de control y secundario se han realizado con acrílico negro puesto a que no enfrentarán condiciones extremas lo que facilita su fabricación en masa a un bajo costo.

El sistema desarrollado ha sido probado con dos adultos mayores, lo que ayuda con un nuevo enfoque ya que se puede orientar hacia el cuidado de adultos mayores puesto que es un sistema altamente personalizable, debido a que se pueden hacer cambios en el transmisor de necesidades básicas y el control de los equipos de la habitación.

Con base a las pruebas y resultados obtenidos, se concluye que el sistema cumple con los aspectos de seguridad planteados y es eficaz en su funcionamiento. Lo mencionado se verificó con los resultados de la prueba QUEST que cada usuario contestó. Con base a los comentarios de los participantes se ha obtenido una retroalimentación para mejoras del sistema y ajustes del protocolo.

Se espera como trabajo futuro realizar pruebas con personas con discapacidad física, incorporar otros dispositivos y nuevas opciones de control, además de sustituir el sensor Eye Tracker y el Pc por equipos más modernos que disminuyan el peso y sea más accesible al público en general.

Finalmente se sugiere el uso de otros sensores de seguimiento ocular, o a su vez desarrollar un sistema que mediante el uso de la cámara de la pc permita realizar las actividades señaladas en este documento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. N. para la I. de Discapacidades, “Estadísticas de Discapacidad – Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades,” *CONADIS*.
- [2] A. Paúl, “Re-Ingeniería de un transmisor inalámbrico portable de necesidades básicas para niños con parálisis cerebral,” *Univ. Politécnica Sales.*, 2015.
- [3] M. de J. Lopez, “Sistema integral de control de una Smart-TV mediante gestos,” *Inst. Politécnico Nac. Ciudad México*, 2016.
- [4] G. del R. Alban Mollacana, “Sistema domótico de apoyo para personas con discapacidad motriz mediante tecnología móvil y reconocimiento de voz,” *Univ. Técnica Ambato*, 2018.
- [5] A. Bissoli, D. Lavino-Junior, M. Sime, L. Encarnação, and T. Bastos-Filho, “A human-machine interface based on eye tracking for controlling and monitoring a smart home using the internet of things,” *Sensors (Switzerland)*, 2019.
- [6] O. Enriquez and G. Lopez, “Informe mensual de gestión del servicio de personas con discapacidad,” *Dir. Gestión Inf. y Datos, Quito, Ecuador*, 2019.
- [7] [CIDDM] Clasificación Internacional de las Deficiencias Discapacidades y Minusvalías and [OMS] Organización Mundial de la Salud, “Conceptos de deficiencia, discapacidad y minusvalía,” *Oms*, vol. 1, pp. 1–4, 2018.
- [8] CONADIS, “Guía Atención Personas Discapacidad.” pp. 1–14, 2017.
- [9] NIH, “Tecnología de rehabilitación y asistencia,” *Eunice Kennedy Shriver Inst. Nac. Salud Infant. y Desarro. Hum.*
- [10] A. Ferrer and F. Alcántud Marín, “Ayudas técnicas para estudiantes con discapacidades físicas y sensoriales: La tecnologías de ayuda,” *Unidad Investig. Acceso, Univ. Val.*, pp. 159–178, 2015.
- [11] T. Monreal, “Sistemas alternativos de comunicación. Manual de comunicación aumentativa: sistemas y estrategias,” Málaga, 2001.
- [12] J. Odriozola, “Control de entorno, control de la vivienda,” *La casa accesible*, 2009. [Online]. Available: <http://blog.lacasaaccesible.com/?paged=9>.
- [13] Tobii, “Eye Tracker,” *Tobii*, 2020.
- [14] J. M. González-Barahona, “El concepto de Software Libre,” *Rev. Tradumática*, pp. 5–11, 2011.

- [15] R. A. Challenger-Pérez, Ivet. Díaz-Ricardo, Yanet. Becerra-García, “El lenguaje de programación Python/The programming language Python,” *Ciencias Holguín*, vol. XX, pp. 1–13, 2014.
- [16] UTN, “Arduino,” *Univ. Tecnológica Nac. Facultad Reg. Buenos Aires*, 2013.
- [17] Arduino.cl, “Arduino,” *MCI Electronics*, 2015. [Online]. Available: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>.
- [18] E. Crespo, “Aprendiendo Arduino,” 2016. [Online]. Available: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/arduino-nano/>.
- [19] M. Electronics, “Arduino.cl.” [Online]. Available: <https://arduino.cl/arduino-nano/>.
- [20] B. H. López, “Universidad central marta abreu de las villas Comunicación infrarroja Control Remoto – PIC.,” *Ing. Eléctrica*, pp. 1–73, 2010.
- [21] A. Sancho, “Diseño IR Blaster usando Arduino,” *Ing. Electrónica Ind. y Automática.*, pp. 1–80, 2014.
- [22] RobotDyn, “AC Light Dimmer,” *RobotDyn*, 2019. [Online]. Available: <https://robotdyn.com/default/ac-light-dimmer-module-1-channel-3-3v-5v-logic-ac-50-60hz-220v-110v.html>.
- [23] C. A. Mora Barrera, “Validación de la versión en español de la evaluación de Quebec de usuarios con tecnología de asistencia (Quest 2.0),” *Fac. Med.*, pp. 1–23, 2010.



# ANEXOS

## ANEXO 1: EVALUACIÓN DE LA SATISFACCIÓN DE USUARIO CON TECNOLOGÍA DE APARATOS AUXILIARES. ENCUESTA QUEBEC V2.0

Aparato de tecnología \_\_\_\_\_

Nombre del usuario \_\_\_\_\_

Fecha de la evaluación \_\_\_\_\_

Hace cuanto tiempo usa el aparato \_\_\_\_\_

Edad \_\_\_\_\_ Genero \_\_\_\_\_

Patología \_\_\_\_\_

Régimen de seguridad social \_\_\_\_\_

Observador \_\_\_\_\_

El objetivo de esta encuesta es evaluar su satisfacción con los aparatos que usa y con los servicios relacionados. La encuesta consta de 10 preguntas

- Para cada una de ellas, marque su nivel de satisfacción (que tan complicado esta con el aparato y con los servicios relacionados) usando la siguiente escala de 1 a 5.

| 1               | 2                 | 3                      | 4          | 5              |
|-----------------|-------------------|------------------------|------------|----------------|
| Nada Satisfecho | No muy Satisfecho | Mas o menos Satisfecho | Satisfecho | Muy Satisfecho |

- Marque por favor con un círculo sobre el número que describe mejor su grado de satisfacción, en cada una de las 10 preguntas.
- No deje preguntas sin responder
- En casa pregunta con la cual usted declara que no está muy satisfecho, por favor escríbalo en la sección comentario.

Gracias por su colaboración

|                 |                   |                        |            |                |
|-----------------|-------------------|------------------------|------------|----------------|
| 1               | 2                 | 3                      | 4          | 5              |
| Nada Satisfecho | No muy Satisfecho | Mas o menos Satisfecho | Satisfecho | Muy Satisfecho |

### SISTEMA

¿Qué tan satisfecho (comento) esta con:

|   |                  |
|---|------------------|
| <p>1. Las dimensiones (talla, ancho, largo) de su aparato</p> <p>Comentarios:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>                    | <p>1 2 3 4 5</p> |
| <p>2. SEl peso de su aparato</p> <p>Comentarios:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>   | <p>1 2 3 4 5</p> |
| <p>3. La facilidad para ajustar (graduar, asegurar) las partes de su aparato</p> <p>Comentarios:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> | <p>1 2 3 4 5</p> |
| <p>4. La seguridad y la posibilidad de que no le haga daño su aparato</p> <p>Comentarios:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>        | <p>1 2 3 4 5</p> |
| <p>5. La durabilidad (duración y resistencia al uso) del aparato</p> <p>Comentarios:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>             | <p>1 2 3 4 5</p> |
| <p>6. La facilidad para usar (tenerlo puesto) el aparato</p>  | <p>1 2 3 4 5</p> |

|   |           |
|---|-----------|
| <p>Comentarios:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>  |           |
| <p>7. La comodidad del aparato</p> <p>Comentarios:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>   | 1 2 3 4 5 |
| <p>8. La efectividad del aparato para resolver el problema para el cual usted lo usa</p> <p>Comentarios:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> | 1 2 3 4 5 |

|                 |                   |                        |            |                |
|-----------------|-------------------|------------------------|------------|----------------|
| 1               | 2                 | 3                      | 4          | 5              |
| Nada Satisfecho | No muy Satisfecho | Mas o menos Satisfecho | Satisfecho | Muy Satisfecho |

### SERVICIOS

¿Qué tan satisfecho (comento) esta con:

|   |           |
|---|-----------|
| <p>9. La calidad de los servicios profesionales (información, atención) que usted recibió para utilizar su aparato</p> <p>Comentarios:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> | 1 2 3 4 5 |
| <p>10. El servicio de seguimiento (servicio de soporte permanente) que usted recibió para su aparato</p> <p>Comentarios:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>               | 1 2 3 4 5 |

## PREGUNTAS ADICIONALES

|  |                  |
|--|------------------|
| <p>1. Cuál es su nivel de satisfacción en general con el aparato</p> <p>Comentarios:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>                               | <p>1 2 3 4 5</p> |
| <p>2. Cuál es su nivel de satisfacción en general con los servicios prestados para su aparato.</p> <p>Comentarios:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> | <p>1 2 3 4 5</p> |

A continuación, encontrará la lista de las mismas 12 preguntas sobre satisfacción. **POR FAVOR SELECCIONE LAS TRES PREGUNTAS** que son más importantes para usted y márkelas con una x en las 3 casillas de su elección.

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> 1. Dimensiones             | <input type="checkbox"/> 7. Comodidad                   |
| <input type="checkbox"/> 2. Peso                    | <input type="checkbox"/> 8. Efectividad                 |
| <input type="checkbox"/> 3. Ajuste                  | <input type="checkbox"/> 9. Servicio de entrega         |
| <input type="checkbox"/> 4. Seguridad               | <input type="checkbox"/> 10. Reparación y mantenimiento |
| <input type="checkbox"/> 5. Durabilidad             | <input type="checkbox"/> 11. Asistencia profesional     |
| <input type="checkbox"/> 6. Facilidad de utilizarlo | <input type="checkbox"/> 12. Servicio continuo          |

---

**Califique su apreciación respecto a la satisfacción y utilidad del dispositivo de asistencia para el paciente observado: (usando la misma puntuación)**

| 1               | 2                 | 3                      | 4          | 5              |
|-----------------|-------------------|------------------------|------------|----------------|
| Nada Satisfecho | No muy Satisfecho | Mas o menos Satisfecho | Satisfecho | Muy Satisfecho |

---

## SECCIÓN DE PUNTAJE

Esta sección es para el puntaje de sus respuestas  
**NO ESCRIBA EN ELLA**

Número de respuestas no válidas

Sub escala del dispositivo

Sub escala del servicio

Puntaje total del QUEST

Las 3 preguntas más importantes de satisfacción:

---

---

---

---

## ANEXO 2: CÓDIGO DE LA INTERFAZ GRÁFICA EN PYTHON

```
import tkinter #Tkinter para el desarrollo de la interfaz
import serial #Comunicación con Arduino
import time #Tiempos de espera entre acciones
from tkinter import * #Cargan extensiones de Tkinter
from tkinter.ttk import*
from PIL import Image, ImageTk,Image#Pil para cargar imagenes
xdjd
#Se realiza la comunicación con la placa Arduino
arduinoData = serial.Serial('COM3',9600)
#Se programan las acciones que realizará con Arduino
#El dato que se envía con Python hacia Arduino debe estar codificado
#Se definen acciones a realizar para cada boton
def vol_mas():
    arduinoData.write('0.001'.encode())
def vol_menos():
    arduinoData.write('0.002'.encode())
def ch_mas():
    arduinoData.write('0.003'.encode())
def ch_menos():
    arduinoData.write('0.004'.encode())
def encender():
    arduinoData.write('0.009'.encode())
def LuzOff():
    arduinoData.write('a'.encode())
def LuzMedia():
    arduinoData.write('b'.encode())
def LuzAlta():
    arduinoData.write('c'.encode())
def Qjugar():
    arduinoData.write('0.005'.encode())
def Qcomer():
    arduinoData.write('0.006'.encode())
def Qbano():
    arduinoData.write('0.007'.encode())
def Qpaseo():
    arduinoData.write('0.008'.encode())
ventana = Tk()
ventana.title("Sistema de Ayuda")
ventana.state('zoomed')
ventana.configure(background='white')
etiqueta1=Label(ventana,text="SISTEMA DE CONTROL",background="white");etiqueta1.pack()
etiqueta1.config(font=('Arial', 35))
#ACCIONES DE LA VENTANA CONTROL DE TV
#IMAGENES PARA LA VENTANA PRINCIPAL
imagen = ImageTk.PhotoImage(file="UPS.PNG")
imagenTv = ImageTk.PhotoImage(file="TV.jpg")
imagenSMS = ImageTk.PhotoImage(file="Mensaje.PNG")
imagenLampara = ImageTk.PhotoImage(file="Lampara.PNG")

#Botones y acciones para la ventana de TV
def ventv():
    ventv = Toplevel()
    ventv.title("Control de TV")
    ventv.state('zoomed')
    etiqueta2 = Label(ventv, text="CONTROL DE TV");etiqueta2.pack()
```

```

etiqueta2.config(font=('Arial', 30))
#IMAGENES PARA LA VENTANA CONTROL DE TV
imagen = ImageTk.PhotoImage(file="UPS.PNG")
logoUPS = Label(ventv, image=imagen).place(x=20,y=10)
onoff = ImageTk.PhotoImage(file="ONOFF.JPG")
imagenRegreso = ImageTk.PhotoImage(file="atras.JPG")
volmas = ImageTk.PhotoImage(file="vol+.PNG")
volmenos = ImageTk.PhotoImage(file="vol-.PNG")
chmas = ImageTk.PhotoImage(file="ch+.PNG")
chmenos = ImageTk.PhotoImage(file="ch-.PNG")
#ACCIONES QUE REALIZAN LOS BOTONES
botonOnOff = Button(ventv, image=onoff, command = encender).place(x=100,y=100)
botonregreso=Button(ventv,image=imagenRegreso,command=
ventv.destroy).place(x=100,y=450)
boton4 = Button(ventv, image=volmas, command = vol_mas).place(x=600,y=100)
boton5 = Button(ventv, image=volmenos, command = vol_menos).place(x=600, y=450)
boton6 = Button(ventv, image=chmas, command = ch_mas).place(x=1200, y=100)
boton7 = Button(ventv, image=chmenos, command = ch_menos).place(x=1200, y=450)
ventv.mainloop()

```

```

def ventsms():
    ventsms = Toplevel()
    ventsms.title("SISTEMA DE MENSAJES")
    ventsms.state('zoomed')
    etiqueta3 = Label(ventsms, text="CONTROL DE MENSAJES");etiqueta3.pack()
    etiqueta3.config(font=('Arial', 30))
    #IMAGENES
    imagenRegreso = ImageTk.PhotoImage(file="atras.JPG")
    imagen = ImageTk.PhotoImage(file="UPS.PNG")
    logoUPS = Label(ventsms, image=imagen).place(x=20,y=10)
    jugar = ImageTk.PhotoImage(file="Jugar.PNG")
    comer = ImageTk.PhotoImage(file="Comer.PNG")
    baño = ImageTk.PhotoImage(file="Baño.PNG")
    paseo = ImageTk.PhotoImage(file="Paseo.PNG")
    #ACCIONES QUE REALIZAN LOS BOTONES
    botonregreso=Button(ventsms,image=imagenRegreso,command=
ventsms.destroy).place(x=200,y=300)
    boton9 = Button(ventsms, image=jugar, command=Qjugar).place(x=600,y=170)
    boton10 = Button(ventsms, image=comer, command=Qcomer).place(x=600,y=450)
    boton11 = Button(ventsms, image=baño, command=Qbano).place(x=1000,y=150)
    boton12 = Button(ventsms, image=paseo, command=Qpaseo).place(x=1000,y=480)
    ventsms.mainloop()

```

```

def ventluz():
    ventluz = Toplevel()
    ventluz.title ("CONTROL DE ILUMINACIÓN")
    ventluz.state('zoomed')
    etiqueta4 = Label(ventluz,text="CONTROL DE ILUMINAICÓN");etiqueta4.pack()
    etiqueta4.config(font=('Arial',30))
    #IMAGENES
    imagenRegreso = ImageTk.PhotoImage(file="atras.JPG")
    imagen = ImageTk.PhotoImage(file="UPS.PNG")
    logoUPS = Label(ventluz, image=imagen).place(x=20,y=10)
    Off = ImageTk.PhotoImage(file="Baja.JPG")
    Medio = ImageTk.PhotoImage(file="Media.JPG")
    Bajo = ImageTk.PhotoImage(file="Alta.JPG")
    #ACCIONES QUE REALIZAN LOS BOTONES
    botonregreso=Button(ventluz,image=imagenRegreso,command=
ventluz.destroy).place(x=80,y=270)
    boton12 = Button(ventluz, image=Off, command=LuzOff).place(x=460,y=170)

```

```
boton13 = Button(ventluz, image=Medio, command=LuzMedia).place(x=830,y=170)
boton14 = Button(ventluz, image=Bajo, command=LuzAlta).place(x=1200,y=170)
ventluz.mainloop()
```

```
logoUPS = Label(ventana, image=imagen).place(x=20,y=10)
boton1 = Button(ventana, image=imagenTv, command = ventv).place(x=50,y=250)
boton2 = Button(ventana, image=imagenSMS, command = ventsms).place(x=650,y=200)
boton3 = Button(ventana, image=imagenLampara, command = ventluz).place(x=1200, y=200)
```

```
ventana.mainloop()
```



## ANEXO 3 CÓDIGO DEL MÓDULO DE CONTROL

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <String.h>
#include <IRremote.h>
#include <IRremoteInt.h>
#include <Wire.h>
IRsend irsend;
SoftwareSerial mySerial(7, 8);
int pinled1 = 13;//Vol +
int pinled2 = 9;//vol-
int pinled3 = 10;//ch+
int pinled4 = 11;//ch-
int pinled5 = 12;//ON - OFF
int var;int var1;int var2;
int var3;int var4;int var5;
char s[3];
void setup() {
  mySerial.begin(9600); // the GPRS baud rate
  Serial.begin(9600); // the GPRS baud rate
  delay(500);
  pinMode(pinled1,OUTPUT);
  pinMode(pinled2,OUTPUT);
  pinMode(pinled3,OUTPUT);
  pinMode(pinled4,OUTPUT);
  pinMode(pinled5,OUTPUT);
}
void loop() {
  if (Serial.available())
    switch(Serial.read())
    {
      case '1'://Subir Volumen
        SubirVolumen();
        break;
      case '2': //Bajar volumen
        BajarVolumen();
        break;
      case '3': //CHANEL MAS
        ChanelMas();
        break;
      case '4'://CHANEL MENOS
        ChanelMenos();
        break;
      case '9': //Encender y Apagar TV
        EncenderTv();
        break;
      case '5':
        QuieroJugar();
        break;
      case '6':
        QuieroComer();
        break;
      case '7':
        QuieroBano();
        break;
      case '8':
        QuieroPaseo();
        break;
      case 'a':
```

```

        LuzOff();LuzOff();
        LuzOff();LuzOff();
        break;
    case 'b':
        LuzMedia();LuzMedia();
        LuzMedia();LuzMedia();
        break;
    case 'c':
        LuzAlta();LuzAlta();
        LuzAlta();LuzAlta();
        break;
    }
    if (mySerial.available())
        Serial.write(mySerial.read());
}

void SubirVolumen(){
    irsend.sendNEC(0x20DF40BF,32);
    delay (100);
}

void BajarVolumen(){
    irsend.sendNEC(0x20DFC03F,32);
    delay (100);
}

void ChanelMas(){
    irsend.sendNEC(0x20DF00FF,32);
    delay (100);
}

void ChanelMenos(){
    irsend.sendNEC(0x20DF807F,32);
    delay (100);
}

void EncenderTv(){
    irsend.sendNEC(0x20DF10EF,32);
    delay (100);
}

void LuzOff(){
    irsend.sendNEC(0x20DF4EB1,32);
    delay (100);
}

void LuzMedia(){
    irsend.sendNEC(0x20DF8E71,32);
    delay (100);
}

void LuzAlta(){
    irsend.sendNEC(0x20DFC639,32);
    delay (100);
}

void QuieroJugar(){
    mySerial.print("AT+CMGF=1\r");
    delay(100);
    mySerial.println("AT + CMGS = \"+593991057462\"");
    delay(100);
    mySerial.println("Quiero jugar");
    delay(100);
    mySerial.println((char)26);
    delay(100);
    mySerial.println();
}

void QuieroComer(){
    mySerial.print("AT+CMGF=1\r");

```

```

delay(100);
mySerial.println("AT + CMGS = \"+593991057462\");
delay(100);
mySerial.println("Quiero Comer algo");
delay(100);
mySerial.println((char)26);
delay(100);
mySerial.println();
}
void QuieroBano(){
  mySerial.print("AT+CMGF=1\r");
  delay(100);
  mySerial.println("AT + CMGS = \"+593963625479\");
  delay(100);
  mySerial.println("Quiero ir al baño");
  delay(100);
  mySerial.println((char)26);
  delay(100);
  mySerial.println();
}
void QuieroPaseo(){
  mySerial.print("AT+CMGF=1\r");
  delay(100);
  mySerial.println("AT + CMGS = \"+593963625479\");
  delay(100);
  mySerial.println("Quiero ir de paseo");
  delay(100);
  mySerial.println((char)26);
  delay(100);
  mySerial.println();
}
void DialVoiceCall(){
  mySerial.println("ATD + +593991057462;");
  delay(100);
  mySerial.println();
}
}

```

## ANEXO 4 CÓDIGO DE LOS EQUIPOS CAJA SECUNDARIA

### (MAESTRO)

```
#include <Wire.h>
#include <IRremote.h>
int Sensor = 12; //Pin que lee el sensor IR receptor
int estado = 0; //Asignamos el valor 0 a la variable estado
int pulsador = 9; //Asignamos el valor 9 a la variable pulsador
//Datos para ir Receptor
IRrecv irrecv(Sensor);
decode_results results;
//Codigos del sensor
#define Primero 0x20DF4EB1 //Bajo
#define Segundo 0x20DF8E71 //Medio
#define Tercero 0x20DFC639 //Alto
void setup() {
  Wire.begin();
  //Empezamos la comunicación I2C, el paréntesis está vacío porque es el master
  Serial.begin (9600);
  irrecv.enableIRIn();
}
void loop() {
  if(irrecv.decode(&results))
  {
    if(results.value == Primero)
    {
      Wire.beginTransmission(4); //Empezamos la transmisión con el dispositivo 4
      Wire.write(1); //Escribimos un 1 a este dispositivo
      Wire.endTransmission();
    }
    if (results.value == Segundo)
    {
      Wire.beginTransmission(4); //Empezamos la transmisión con el dispositivo 4
      Wire.write(2); //Escribimos un 2 a este dispositivo
      Wire.endTransmission();
    }
    if (results.value == Tercero)
    {
      Wire.beginTransmission(4); //Empezamos la transmisión con el dispositivo 4
      Wire.write(3); //Escribimos un 3 a este dispositivo
      Wire.endTransmission();
    }
    irrecv.resume();
  }
}
```

### (ESCLAVO)

```
#include <Wire.h>
#include <RBDdimmer.h>
#define outputPin 12
#define zerocross 5 //cruce por cero
dimmerLamp dimmer(outputPin); //Inicializa el puerto para el dimmer
int outVal1 = 0;
int outVal2 = 0;
int outVal3 = 0;

void setup()
```

```

{
  Wire.begin(4); //Empezamos la comunicación I2C con dirección 4 (dispositivo slave)
  Wire.onReceive(receiveEvent); //Ira a la función receiveEvent cuando entre dato
  dimmer.begin(NORMAL_MODE, ON); //Modo de inicializacion del dimmer
}

void loop()
{
}

void receiveEvent(int howMany) {
  int x = Wire.read(); //Leemos el dato recibido
  switch (x) { //select case de la variable x
    case 1: //si es 1
      outVal1 = map(820, 22, 1023, 100, 0);
      dimmer.setPower(outVal1);
      break;
    case 2: //si es 2
      outVal2 = map(400, 22, 1023, 100, 0);
      dimmer.setPower(outVal2);
      break;
    case 3: //si es 3
      outVal3 = map(730, 22, 1023, 100, 0);
      dimmer.setPower(outVal3);
      break;
  }
}
}

```

## ANEXO 5: MANUAL DE USO

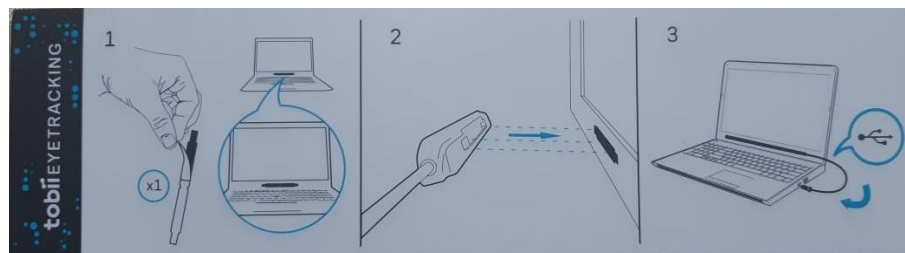
1. Conectar el Módulo de Control hacia la PC.



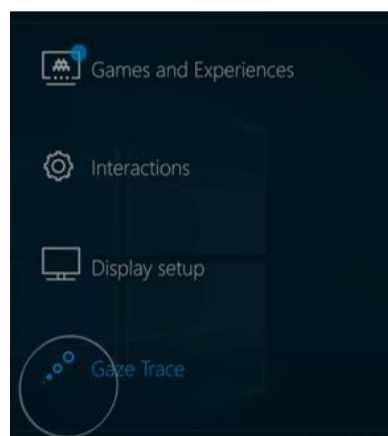
2. Ejecutar el programa “Sistema de Ayuda”.



3. Conectar el Eye Tracker en el PC.



4. Ejecutar la aplicación Tobii Eye Tracking y seleccionar “Gaze Trace”



5. Controlar los diferentes equipos.

## ANEXO 6: CONSENTIMIENTO INFORMADO

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA BIOMÉDICA “GIIB”

TESIS: Prototipo de un sistema de control con mandos a distancia y transmisor de necesidades básicas para personas con discapacidad moderada con Eye Tracker y software libre.

Fecha: .....

Yo, ....., Ciudadano(a) Ecuatoriano(a) con documento de identidad No. .... Certifico que he sido informado(a) con claridad y veracidad respecto al desarrollo de las pruebas del Prototipo de un sistema de control con mandos a distancia y transmisor de necesidades básicas para personas con discapacidad moderada con Eye Tracker y software libre, correspondiente al trabajo de Titulación para Ingeniero Electrónico al que los estudiantes Alvaro Raúl Deleg Aguilar y Jhon David Orellana Marca me han invitado a participar. Informo que actúo consecuentemente, libre y voluntariamente como colaborador y que he comprendido satisfactoriamente la naturaleza y propósito de las mencionadas pruebas. Indico que se me ha dado la oportunidad de aclarar todas mis dudas, de que soy consciente que en cualquier momento puedo formular preguntas sobre alguna duda que se me presente entorno al procedimiento y de que se respetará la buena fe, confiabilidad y confidencialidad de la información por mi suministrado, lo mismo que mi seguridad física y psicológica.

.....  
Estudiante: Alvaro Raúl Deleg Aguilar  
CI: .....

.....  
Estudiante: John David Orellana Marca  
CI: .....

.....  
Participante: .....  
CI: .....