



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT MÓVIL CONTROLADO DE**  
**FORMA REMOTA, APLICADO AL MONITOREO DEL EDIFICIO**  
**DE LA FIE EN TIEMPO REAL UTILIZANDO REALIDAD**  
**AUMENTADA”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Tipo: DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS**

**Para optar al Grado Académico de:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**AUTOR: JEFFERSON RAMIRO FRÍAS MOYÓN**

**TUTOR: ING. EDWIN ALTAMIRANO S.**

**Riobamba – Ecuador**

**2018**

© **Jefferson Ramiro Frías Moyón**

Se autoriza la reproducción total o parcial con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

El Tribunal del Trabajo de titulación certifica que El trabajo de investigación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT MOVIL CONTROLADO DE FORMA REMOTA, APLICADO AL MONITOREO DEL EDIFICIO DE LA FIE EN TIEMPO REAL UTILIZANDO REALIDAD AUMENTADA”**, de responsabilidad del señor Jefferson Ramiro Frías Moyón, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

| <b>NOMBRE</b>   | <b>FIRMA</b> | <b>FECHA</b> |
|---|--------------|--------------|
| Dr. Julio Santillán Castillo<br><b>VICEDECANO DE LA FACULTAD<br/>DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA.</b>                        | .....        | .....        |
| Ing. Freddy Chávez. V<br><b>DIRECTOR DE LA ESCUELA DE<br/>INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN<br/>CONTROL Y REDES INDUSTRIALES.</b> | .....        | .....        |
| Ing. Edwin Altamirano. S<br><b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>  | .....        | .....        |
| Ing. Freddy Chávez V.<br><b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL.</b>   | .....        | .....        |

Yo, Jefferson Ramiro Frías Moyón soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de titulación y el patrimonio intelectual de Trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

**Jefferson Ramiro Frías Moyón**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la oportunidad de seguir avanzando día a día a la especialización técnica en mi vida. Por los momentos difíciles y los triunfos, mismos que me han formado para valorar las cosas que existen en mi vida personal.

A mis padres por ser las personas que siempre han tenido un sabio consejo diario y sobre todo una sencilla y dulce palabra de apoyo en todo este trayecto de mi vida estudiantil desde muy pequeño hasta el presente.

A toda mi familia, quienes con sus inteligentes palabras han aportado con un granito de arena para mi formación personal única, que a su vez han fomentado buenos valores y apoyo moral.

Jefferson

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer de manera muy especial a mis padres por ser los gestores de este gran sueño que estoy alcanzando, por todo su apoyo directo sobre mi trabajo de titulación que gracias a eso se lo pudo llevar a cabo, de la misma manera a toda mi familia.

A todos los docentes de la Facultad de Informática y Electrónica por sus aportes e ideas en beneficio de mi tema de titulación, un agradecimiento profundo y sincero al Ing. Edwin Altamirano Santillán Director de Tesis y al Ing. Freddy Chávez, Miembro del Tribunal por su valiosa guía y asesoramiento a lo largo de la elaboración del Trabajo de Titulación.

Quiero dar las gracias a todas las personas que de una u otra manera han aportado directa e indirectamente en la realización de este proyecto; por la confianza y el apoyo brindado por parte de ellos.

Jefferson

## TABLA DE CONTENIDO

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| ÍNDICE DE TABLAS.....       | x   |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....      | xi  |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS.....     | xiv |
| INDICE DE ECUACIONES .....  | xv  |
| INDICE DE ABREVIATURAS..... | xvi |
| RESUMEN.....                | xix |
| ABSTRACT.....               | xx  |
| INTRODUCCIÓN .....          | 1   |

## CAPÍTULO I

|  |    |
|--|----|
| 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....   | 4  |
| 1.1. Robótica .....  | 4  |
| 1.1.1. <i>Introducción a la robótica</i> .....                                       | 4  |
| 1.1.2. <i>Definición de robótica</i> .....   | 5  |
| 1.1.3. <i>Historia de la robótica</i> .....  | 6  |
| 1.1.4. <i>Leyes de la robótica</i> .....   | 6  |
| 1.1.5. <i>Autómatas o mecanismos más relevantes a los largo de la historia</i> ..... | 7  |
| 1.1.6. <i>Clasificación de la robótica</i> .....                                     | 8  |
| 1.2. Micro controlador .....   | 13 |
| 1.2.1. <i>Introducción a los micros controladores</i> .....                          | 13 |
| 1.2.2. <i>Funcionamiento</i> .....   | 14 |
| 1.2.3. <i>Partes de un microcontrolador</i> .....                                    | 15 |
| 1.2.4. <i>Familias AVR y PIC</i> .....   | 16 |
| 1.2.5. <i>Atmega</i> .....   | 17 |
| 1.2.6. <i>Arduino</i> .....  | 17 |
| 1.2.7. <i>Comunicación serial asíncrona</i> .....                                    | 20 |
| 1.3. Actuadores .....  | 21 |
| 1.3.1. <i>Hidráulico</i> .....   | 22 |
| 1.3.2. <i>Neumáticos</i> .....   | 22 |
| 1.3.3. <i>Eléctricos</i> .....   | 22 |
| 1.4. Sensores.....   | 24 |
| 1.4.1. <i>Tipos de sensores</i> .....  | 24 |
| 1.5. Sistema de comunicación inalámbrica .....                                       | 27 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.5.1. | <i>Tipos de comunicación inalámbrica</i> .....   | 28 |
| 1.6.   | <b>Sistema de alimentación para robots</b> .....                                       | 31 |
| 1.6.1. | <i>Concepto</i> .....  | 31 |
| 1.6.2. | <i>Tipos de baterías</i> .....   | 31 |
| 1.6.3. | <i>Capacidad de la batería</i> .....   | 35 |
| 1.7.   | <b>Robótica y Monitoreo en tiempo real</b> .....                                       | 36 |
| 1.8.   | <b>Sistema de transmisión de imágenes con cámara inalámbrica</b> .....                 | 37 |
| 1.8.1. | <i>Funcionamiento</i> .....  | 37 |
| 1.8.2. | <i>Epoc Cam - Software</i> .....   | 38 |
| 1.9.   | <b>Realidad virtual y Realidad aumentada</b> .....                                     | 38 |
| 1.9.1. | <i>Características fundamentales</i> .....   | 39 |
| 1.9.2. | <i>Elementos que componen un sistema de realidad aumentada</i> .....                   | 40 |
| 1.9.3. | <i>Tipos de tecnologías aplicadas en realidad aumentada</i> .....                      | 41 |
| 1.9.4. | <i>Aplicaciones de realidad aumentada</i> .....  | 44 |
| 1.9.5. | <i>Realidad virtual vs realidad aumentada</i> .....                                    | 46 |
| 1.9.6. | <i>Herramientas para la implementación de aplicaciones de realidad aumentada</i> ..... | 47 |
| 1.9.7. | <i>Aumentaty Author</i> .....  | 48 |
| 1.9.8. | <i>Sketch Up – Herramienta de diseño 3D</i> .....                                      | 49 |
| 1.10.  | <b>Software de diseño estructural 3d – Solid Works</b> .....                           | 50 |

## CAPÍTULO II

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 2.     | <b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....                                       | 51 |
| 2.1.   | <b>Introducción</b> .....   | 51 |
| 2.2.   | <b>Determinación de los requerimientos del prototipo</b> .....        | 52 |
| 2.3.   | <b>Diseño del sistema mecánico y modelado 3D en Solid Works</b> ..... | 53 |
| 2.3.1. | <i>Pieza base 1</i> .....   | 53 |
| 2.3.2. | <i>Pieza base 2</i> .....   | 54 |
| 2.3.3. | <i>Pieza base 3</i> .....   | 54 |
| 2.3.4. | <i>Pieza soporte Sensor de presencia Sharp</i> .....                  | 55 |
| 2.3.5. | <i>Pieza soporte motor DC</i> .....                                   | 55 |
| 2.4.   | <b>Diseño del sistema electrónico y PCBs</b> .....                    | 56 |
| 2.4.1. | <i>Diseño del módulo electrónico principal</i> .....                  | 56 |
| 2.4.2. | <i>Diseño del módulo electrónico regulador de 5v</i> .....            | 58 |
| 2.4.3. | <i>Selección del Driver para el control de los motores DC</i> .....   | 60 |
| 2.4.4. | <i>Selección de Servomotores para brazo de cámara</i> .....           | 61 |
| 2.4.5. | <i>Selección del brazo giratorio para cámara</i> .....                | 62 |
| 2.4.6. | <i>Selección del sensor GPS - NEO 6M</i> .....                        | 63 |

|  |    |
|--|----|
| 2.4.7. Selección del LCD .....   | 64 |
| 2.4.8. Selección del Sensor de Distancia– Sharp GP2Y0A21 .....         | 65 |
| 2.4.9. Selección del módulo de comunicación inalámbrica Bluetooth..... | 66 |
| 2.4.10. Selección del sistema de comunicación .....                    | 70 |
| 2.4.11. Selección del Router inalámbrico .....                         | 72 |
| 2.4.12. Selección del dispositivo de control (microcontrolador) .....  | 73 |
| 2.4.13. Selección del sistema de alimentación .....                    | 75 |
| 2.5. Programación del módulo Arduino .....                             | 75 |
| 2.5.1. Desarrollo de los procesos en el software Arduino .....         | 76 |
| 2.6. Selección del software para interfaces de Realidad Aumentada..... | 77 |
| 2.6.1. Diseño de modelos 3D Sketch-Up .....                            | 77 |
| 2.6.2. Generación de Códigos QR y aplicación en Aumentaty Author ..... | 80 |

### CAPÍTULO III

|   |     |
|---|-----|
| 3. ANÁLISIS Y RESULTADOS .....                                  | 87  |
| 3.1. Introducción.....  | 87  |
| 3.2. Evaluación del proyecto.....                               | 87  |
| 3.2.1. Ambiente de trabajo.....                                 | 87  |
| 3.2.2. Lugar de Pruebas .....                                   | 88  |
| 3.2.3. Características del terreno .....                        | 89  |
| 3.2.4. Ubicación de la cabina principal de control.....         | 90  |
| 3.2.5. Características de transmisión .....                     | 91  |
| 3.3. Pruebas Generales del prototipo.....                       | 92  |
| 3.3.1. Prueba de nivel de aceptación del prototipo .....        | 92  |
| 3.3.2. Autonomía del prototipo en el modo de tracción .....     | 93  |
| 3.3.3. Estabilidad de la plataforma .....                       | 93  |
| 3.3.4. Análisis de descarga de la batería principal.....        | 94  |
| 3.3.5. Prueba del sistema de Comunicaciones.....                | 97  |
| 3.3.6. Pruebas del Software de control .....                    | 98  |
| 3.3.7. Prueba de la interfaz de Realidad Aumentada .....        | 99  |
| 3.4. Análisis económico para implementación del prototipo ..... | 102 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| CONCLUSIONES..... | 103 |
|-------------------|-----|

|                      |     |
|----------------------|-----|
| RECOMENDACIONES..... | 104 |
|----------------------|-----|

### BIBLIOGRAFÍA

### ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

|                    |  |     |
|--------------------|--|-----|
| <b>Tabla 1-1:</b>  | Autómatas más relevantes de la historia.....                                   | 7   |
| <b>Tabla 2-1:</b>  | Características de diferentes modelos de placas de Arduino.....                | 18  |
| <b>Tabla 3-1:</b>  | Especificaciones técnicas Motor DC.....  | 24  |
| <b>Tabla 4-1:</b>  | Realidad aumentada vs Realidad virtual .....                                   | 46  |
| <b>Tabla 1-2:</b>  | Componentes del circuito de control principal.....                             | 57  |
| <b>Tabla 2-2:</b>  | Componentes del circuito módulo regulador de 5v.....                           | 59  |
| <b>Tabla 3-2:</b>  | Características técnicas del puente H L298N .....                              | 60  |
| <b>Tabla 4-2:</b>  | Especificaciones técnicas Micro Servo SG90 .....                               | 61  |
| <b>Tabla 5-2:</b>  | Especificaciones Técnicas Sensor GPS NEO-6M.....                               | 63  |
| <b>Tabla 6-2:</b>  | Características técnicas del LCD seleccionado .....                            | 64  |
| <b>Tabla 7-2:</b>  | Especificaciones Técnicas Módulo Adaptador I2C.....                            | 64  |
| <b>Tabla 8-2:</b>  | Especificaciones Técnicas Módulo Bluetooth HC-05 .....                         | 67  |
| <b>Tabla 9-2:</b>  | Características del Router CISCO Linksys N600 E2500 .....                      | 72  |
| <b>Tabla 10-2:</b> | Especificaciones del Router CISCO Linksys N600 E2500.....                      | 72  |
| <b>Tabla 11-2:</b> | Señales de entrada y salida del sistema .....                                  | 74  |
| <b>Tabla 12-2:</b> | Especificación técnica Batería Lipo Turnigy .....                              | 75  |
| <b>Tabla 1-3:</b>  | Tiempo de duración en minutos de la batería.....                               | 95  |
| <b>Tabla 2-3:</b>  | Corrientes Nominales de Trabajo en cada dispositivo en modo Operación/Reposo.. | 96  |
| <b>Tabla 3-3:</b>  | Prueba de conexión Wifi a determinadas distancias.....                         | 97  |
| <b>Tabla 4-3:</b>  | Prueba distancia de conexión Bluetooth.....                                    | 98  |
| <b>Tabla 5-3:</b>  | Registro de calificación Software Arduino RC .....                             | 99  |
| <b>Tabla 6-3:</b>  | Distancia mínima para visualización de información.....                        | 101 |
| <b>Tabla 7-3:</b>  | Análisis de costos del proyecto general.....                                   | 102 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1-1:</b> Microcontrolador PIC16F628A .....                                  | 14 |
| <b>Figura 2-1:</b> Arquitectura Von Neumann – Microcontrolador .....                  | 15 |
| <b>Figura 3-1:</b> Arquitectura Harvard .....   | 15 |
| <b>Figura 4-1:</b> Partes de un Microcontrolador .....                                | 16 |
| <b>Figura 5-1:</b> Módulos Arduino .....  | 18 |
| <b>Figura 6-1:</b> Arduino Pro mini .....   | 19 |
| <b>Figura 7-1:</b> USB-Serial chip FT232R.....  | 20 |
| <b>Figura 8-1:</b> Comunicación Asincrónica y Sincrónica.....                         | 21 |
| <b>Figura 9-1:</b> Motor DC caja reductora y Llanta de Goma.....                      | 23 |
| <b>Figura 10-1:</b> Sensores de Contacto .....  | 25 |
| <b>Figura 11-1:</b> Circuito de acoplamiento para sensor óptico .....                 | 25 |
| <b>Figura 12-1:</b> Tipos de sensores de temperatura .....                            | 26 |
| <b>Figura 13-1:</b> Sensor de humedad .....   | 26 |
| <b>Figura 14-1:</b> Sensor magnético .....  | 26 |
| <b>Figura 15-1:</b> Sensor infrarrojo .....   | 27 |
| <b>Figura 16-1:</b> Interfaz sensor ultrasónico .....                                 | 27 |
| <b>Figura 17-1:</b> Tipos de redes inalámbricas.....                                  | 28 |
| <b>Figura 18-1:</b> Módulo WiFi para Arduino .....                                    | 29 |
| <b>Figura 19-1:</b> Módulo XBEE .....   | 30 |
| <b>Figura 20-1:</b> Módulos Bluetooth para Arduino .....                              | 30 |
| <b>Figura 21-1:</b> Batería de Plomo - Ácido.....                                     | 32 |
| <b>Figura 22-1:</b> Batería de Gel .....  | 32 |
| <b>Figura 23-1:</b> Batería de Níquel Cadmio.....                                     | 33 |
| <b>Figura 24-1:</b> Batería de Níquel e Hidruro Metálico.....                         | 34 |
| <b>Figura 25-1:</b> Batería de Iones de Litio.....                                    | 34 |
| <b>Figura 26-1:</b> Batería Lipo .....  | 35 |
| <b>Figura 27-1:</b> Robot para monitoreo interno de edificio .....                    | 36 |
| <b>Figura 28-1:</b> Cámara Inalámbrica IP .....                                       | 37 |
| <b>Figura 29-1:</b> Proceso de Conexión PC – EpocCam – Cámara Celular.....            | 38 |
| <b>Figura 30-1:</b> Elementos de Realidad Aumentada .....                             | 41 |
| <b>Figura 31-1:</b> Código QR .....   | 42 |
| <b>Figura 32-1:</b> Entorno Gráfico de Trabajo Aumentaty Author .....                 | 42 |
| <b>Figura 33-1:</b> Escaneo de código QR.....   | 43 |
| <b>Figura 34-1:</b> Reconocimiento Realidad Aumentada mediante Geo localización ..... | 43 |
| <b>Figura 35-1:</b> Reconocimiento Realidad Aumentada basado en gafas.....            | 44 |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 36-1:</b> Libro de realidad virtual.....  | <b>45</b> |
| <b>Figura 37-1:</b> Traductores Realidad Aumentada en tiempo real .....                       | <b>45</b> |
| <b>Figura 38-1:</b> Publicidad en Realidad Aumentada .....                                    | <b>46</b> |
| <b>Figura 39-1:</b> Software de Realidad Aumentada Aumentaty Author.....                      | <b>49</b> |
| <b>Figura 40-1:</b> Software de Diseño tridimensional SketchUp .....                          | <b>49</b> |
| <b>Figura 41-1:</b> Software de diseño estructural Solid Works .....                          | <b>50</b> |
| <b>Figura 1-2:</b> Cotas de la Pieza Base 1 .....   | <b>53</b> |
| <b>Figura 2-2:</b> Cotas de la Pieza Base 2 .....   | <b>54</b> |
| <b>Figura 3-2:</b> Cotas de la Pieza Base 3 .....   | <b>54</b> |
| <b>Figura 4-2:</b> Cotas de la Pieza soporte Sensor Ultrasónico.....                          | <b>55</b> |
| <b>Figura 5-2:</b> Cotas de los soportes para Motor DC .....                                  | <b>55</b> |
| <b>Figura 6-2:</b> Modelo 3D del prototipo final Robot Móvil.....                             | <b>56</b> |
| <b>Figura 7-2:</b> Proceso de Ruteado y PCB de placa electrónica principal .....              | <b>57</b> |
| <b>Figura 8-2:</b> Elementos Placa Principal final .....                                      | <b>58</b> |
| <b>Figura 9-2:</b> Proceso de Ruteado y PCB de placa electrónica módulo 5v .....              | <b>59</b> |
| <b>Figura 10-2:</b> Elementos Placa Regulador de 5v.....                                      | <b>60</b> |
| <b>Figura 11-2:</b> Puente H L298N .....  | <b>60</b> |
| <b>Figura 12-2:</b> Micro Servo SG 90 .....   | <b>61</b> |
| <b>Figura 13-2:</b> Instrucciones para armado del kit Pan & Tilt .....                        | <b>62</b> |
| <b>Figura 14-2:</b> Kit Pan & Tilt de 2 grados de libertad .....                              | <b>62</b> |
| <b>Figura 15-2:</b> Sensor GPS NEO – 6M.....  | <b>63</b> |
| <b>Figura 16-2:</b> Conexión Arduino Módulo I2C .....   | <b>65</b> |
| <b>Figura 17-2:</b> Información General Sensor Sharp.....                                     | <b>65</b> |
| <b>Figura 18-2:</b> Conexión Arduino módulo Bluetooth HC-05.....                              | <b>67</b> |
| <b>Figura 19-2:</b> Comunicación entre la PC Arduino y Bluetooth .....                        | <b>68</b> |
| <b>Figura 20-2:</b> Configuración del módulo HC-05.....                                       | <b>70</b> |
| <b>Figura 21-2:</b> Módulo de Programación de Arduino Pro Mini .....                          | <b>70</b> |
| <b>Figura 22-2:</b> Modelo inalámbrico Robot Móvil – Realidad Aumentada.....                  | <b>71</b> |
| <b>Figura 23-2:</b> Router Inalámbrico CISCO LinkSys E2500 .....                              | <b>72</b> |
| <b>Figura 24-2:</b> Comparación de tamaños Arduino Uno vs Arduino Pro Mini.....               | <b>73</b> |
| <b>Figura 25-2:</b> Dispositivo de Programación Arduino Pro Mini – FT232R .....               | <b>73</b> |
| <b>Figura 26-2:</b> Batería LiPo 2.65mAh / 3S / 20C .....                                     | <b>75</b> |
| <b>Figura 27-2:</b> Interfaz de programación Arduino.....                                     | <b>76</b> |
| <b>Figura 28-2:</b> Funcionamiento de la RA .....   | <b>77</b> |
| <b>Figura 29-2:</b> Mezcla de la realidad con realidad aumentada .....                        | <b>78</b> |
| <b>Figura 30-2:</b> Espacio de trabajo del Software Sketch-Up 2017.....                       | <b>78</b> |
| <b>Figura 31-2:</b> Plano de trabajo Sketch UP.....   | <b>79</b> |
| <b>Figura 32-2:</b> Modelos 3D realizados en el Software SketchUp para utilizarlos en RA..... | <b>80</b> |
| <b>Figura 33-2:</b> Marcador con elementos básicos .....                                      | <b>80</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Figura 34-2:</b> Códigos QR utilizados en la aplicación de RA.....                            | <b>81</b>  |
| <b>Figura 35-2:</b> Espacio de trabajo Aumentaty Author Software.....                            | <b>82</b>  |
| <b>Figura 36-2:</b> Marcas RA Aumentaty Author Software.....                                     | <b>82</b>  |
| <b>Figura 37-2:</b> Códigos QR Marcas de RA.....   | <b>82</b>  |
| <b>Figura 38-2:</b> Importar archivo 3D – Aumentaty Author.....                                  | <b>83</b>  |
| <b>Figura 39-2:</b> Carga del archivo skb en la biblioteca de modelos RA .....                   | <b>83</b>  |
| <b>Figura 40-2:</b> Activación de webcam Aumentaty Author.....                                   | <b>83</b>  |
| <b>Figura 41-2:</b> Proceso Cámara + RA.....   | <b>84</b>  |
| <b>Figura 42-2:</b> Modificaciones de tamaño en Aumentaty Author .....                           | <b>84</b>  |
| <b>Figura 43-2:</b> Sección Animación Aumentaty Author Software.....                             | <b>84</b>  |
| <b>Figura 44-2:</b> Sección Rotación Aumentaty Author Software .....                             | <b>85</b>  |
| <b>Figura 45-2:</b> Sección Escalado Aumentaty Author Software .....                             | <b>85</b>  |
| <b>Figura 46-2:</b> Sección Traslación Aumentaty Author Software.....                            | <b>85</b>  |
| <b>Figura 1-3:</b> Ubicación Satelital del lugar de prueba .....                                 | <b>88</b>  |
| <b>Figura 3-3:</b> Robot Móvil en los diferentes tipos de terrenos.....                          | <b>90</b>  |
| <b>Figura 4-3:</b> Ubicación de la cabina principal de control.....                              | <b>91</b>  |
| <b>Figura 5-3:</b> Prueba de transmisión con el prototipo.....                                   | <b>91</b>  |
| <b>Figura 6-3:</b> Exposición de la propuesta en Concursos de Robótica.....                      | <b>92</b>  |
| <b>Figura 7-3:</b> Prueba de superficie inclinada en el edificio FIE-ESPOCH.....                 | <b>94</b>  |
| <b>Figura 8-3:</b> Prueba de conexión Pc – Cámara wifi .....                                     | <b>97</b>  |
| <b>Figura 9-3:</b> Aplicación “Bluetooth RC CAR” .....   | <b>98</b>  |
| <b>Figura 10-3:</b> Información que se visualiza en la pantalla del computador por cada marcador | <b>100</b> |
| <b>Figura 11-3:</b> Medición distancia mínima Robot – Marcador.....                              | <b>101</b> |
| <b>Figura 12-3:</b> Prototipo final adjunto al computador central.....                           | <b>102</b> |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|                     |   |           |
|---------------------|---|-----------|
| <b>Gráfico 1-2:</b> | Etapas de diseño e implementación del prototipo .....       | <b>52</b> |
| <b>Gráfico 2-2:</b> | Diagrama de flujo Programa Principal Robot Móvil.....       | <b>76</b> |
| <b>Gráfico 3-2:</b> | Diagrama de flujo Identificar Marcador.....                 | <b>86</b> |
| <b>Gráfico 1-3:</b> | Tiempo de duración en [min] de la batería.....              | <b>95</b> |
| <b>Gráfico 2-3:</b> | Comparación de Consumo de Corrientes Nominales.....         | <b>96</b> |
| <b>Gráfico 3-3:</b> | Calificación Software Control Bluetooth RC Controller ..... | <b>99</b> |

## INDICE DE ECUACIONES

|                      |  |           |
|----------------------|--|-----------|
| <b>Ecuación 1-1:</b> | Duración de la Batería LiPo.....       | <b>35</b> |
| <b>Ecuación 1-2:</b> | Rango de trabajo del sensor Sharp..... | <b>66</b> |
| <b>Ecuación 1-3:</b> | Cálculo de ángulo de Inclinación.....  | <b>94</b> |

## INDICE DE ABREVIATURAS

|           |   |
|-----------|---|
| JIRA      | Asociación de Robots Industriales de Japón                          |
| RIA       | Robotic Industries Association / Asociación de Industrias Robóticas |
| AFRI      | Asociación Francesa de Robótica Industrial                          |
| ISO       | Organización Internacional de Normalización                         |
| BRA       | Asociación Brasileña de Robótica                                    |
| RUR       | Robots Universales de Rossum; obra Dorf 1988                        |
| AND       | Compuerta lógica digital conjunción lógica                          |
| OR        | Compuerta lógica digital disyunción lógica                          |
| NOT       | Compuerta lógica digital negación lógica                            |
| CPU       | Unidad Central de Procesamiento                                     |
| AVR       | Familia de micro controladores RISC del fabricante ATMEL            |
| EEPROM    | Memoria destinada al almacenamiento de datos.                       |
| I/O       | Entrada / Salida  |
| ALU       | Unidad Aritmética Lógica  |
| IDE       | Entorno de Desarrollo Integrado                                     |
| USB       | Bus Serial Universal  |
| C++       | Lenguaje de Programación  |
| RS-232    | Estándar Recomendado 232 antiguo, intercambio de datos binarios     |
| FT232R    | Estándar Recomendado 232 actual, intercambio de datos binarios      |
| CLOCK     | Oscilador de Reloj micro controlador                                |
| RX        | Receptor de comunicación  |
| TX        | Transmisor de comunicación  |
| BAUD RATE | Tasa de baudios   |
| DC        | Corriente Directa   |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| RPM                            | Revoluciones por minuto   |
| mA                             | miliamperios  |
| mm                             | milímetros  |
| GSM                            | Sistema Global para las comunicaciones móviles                        |
| UMTS                           | Sistema Universal de Telecomunicaciones móviles                       |
| WiFi                           | Wireless Fidelity / Fidelidad Inalámbrica                             |
| DECT                           | Telecomunicaciones Inalámbricas Mejoradas Digitalmente                |
| GPRS                           | Sistema global para las comunicaciones móviles                        |
| 3G                             | Tercera generación de transmisión de voz y datos por telefonía móvil. |
| LMDS                           | Sistema de Distribución Local Multipunto                              |
| IEEE 802.11                    | Estándar internacional que define las características de redes        |
| WLAN                           | Red de área local inalámbrica   |
| XBEE                           | Marca de la familia de módulos de radio comunicaciones.               |
| GHz                            | GigaHerzios   |
| HD                             | High Definition / Alta definición                                     |
| GPS                            | Sistema de Posicionamiento Global                                     |
| Pb                             | Plomo, Elemento Químico   |
| PbO <sub>2</sub>               | Óxido de plomo  |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Ácido Sulfúrico   |
| Ni – Cd                        | Níquel Cadmio   |
| Ni/MH                          | Níquel e hidruro metálico   |
| Li-Ion                         | Iones de Litio  |
| LiPo                           | Litio polímero  |
| HUB                            | Concentrador o ethernet   |
| SWITCH                         | Conmutador de red   |
| LAN                            | Red de Área Local   |
| IP                             | Protocolo de Internet   |
| HC-SR04                        | Sensor de distancia Ultrasónico                                       |

|         |   |
|---------|---|
| UART    | Transmisor-Receptor Asíncrono Universal                                   |
| SBAS    | Sistema de Aumentación Basado en Satélites Mundial                        |
| WAAS    | Sistema de Aumentación Basado en Satélites de Estados Unidos              |
| EGNOS   | Sistema de Aumentación Basado en Satélites de la Agencia espacial Europea |
| MSAS    | Sistema de Aumentación Basado en Satélite Multifuncional MTSAT            |
| GAGAN   | Sistema de Aumentación Basado en Satélite de la India                     |
| I2C     | Circuito Inter-Integrado  |
| SDA     | Línea de Datos - Arduino  |
| SCL     | Línea de Reloj - Arduino  |
| LCD     | Liquid Cristal Display  |
| BPS     | Bits por Segundo  |
| POIs    | Localización de puntos de interés   |
| GNU GPL | Licencia de Software Libre y Código Abierto                               |
| iOS     | Sistema Operativo multifuncional de Apple Inc.                            |
| 2D      | 2 Dimensiones / Bidimensional   |
| 3D      | 3 Dimensiones / Tridimensional  |
| SDK     | Kit de Desarrollo de Software   |
| C#      | Software de Programación C Sharp  |
| C++     | Lenguaje de Programación para micro controladores                         |
| AS3     | Paquete de Software Adobe ActionScript 3                                  |
| I+D     | Integral Derivativo, Sistema de Control                                   |
| RA      | Realidad Aumentada  |

## RESUMEN

Se implementó un robot móvil controlado de forma remota, aplicado al monitoreo de edificios en tiempo real utilizando realidad aumentada, de fácil implementación, es un robot móvil de 4 ruedas con una precisión de 360 grados. Se realizó el diseño inicial 2D mediante el software de modelación SolidWorks, a continuación, se procedió a hacer el corte láser de acrílico para la estructura mecánica. Mediante la recopilación de información de investigaciones realizadas, se utilizó el programa Sketch-Up para diseñar los modelos 3D que posteriormente fueron utilizados para la aplicación de realidad aumentada en la plataforma Aumentaty Author, la misma que permitió almacenar dicha información en marcadores (Códigos QR) prediseñados dentro del programa; para la recolección de las imágenes en tiempo real se utilizó la cámara de un teléfono móvil android que junto a los archivos de instalación se obtuvo una exitosa recepción y transmisión de video en tiempo real, todo este sistema trabaja perfectamente gracias a la comunicación de un Router Inalámbrico CISCO E2500 configurado previamente; y la comunicación del módulo HC-05 Bluetooth para el control de movimientos del robot. Fue necesario utilizar el software Proteus en el cual se efectuaron los modelos de los circuitos PCB, finalmente y con la experimentación previa se decidió utilizar una batería LiPo de 11.1 voltios a 2.65 Amperios. Se concluye que la aplicación directa de este modelo, ayudaría al monitoreo en tiempo real de todas las actividades que sucedan en el interior del edificio, descubrir anomalías en sus alrededores a su vez la inclusión de realidad aumentada con el objetivo de facilitar a las personas la apropiación de nuevos conocimientos disciplinarios y su transferencia en diferentes campos para la resolución de problemas de manera heurística.

**PALABRAS CLAVES:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <ROBÓTICA>, <COMUNICACIONES INALÁMBRICAS>, <CÁMARA IP>, <SENSORES DE DISTANCIA>, <SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)>, <REALIDAD AUMENTADA>, <AUMENTATY AUTHOR (SOFTWARE)>.

## **ABSTRACT**

A remotely controlled mobile robot was implemented, applying real-time building monitoring using augmented reality, easy to implement, it is a 4-wheel mobile robot with 360-degree precision. The initial 2D design was made using the SolidWorks modeling software, then the acrylic laser cut was made for the mechanical structure. Through the collection of research information, the Sketch-Up program was used to design the 3D models that were subsequently used for the augmented reality application on the Aumentaty Author platform, which allowed to store such information in markers (QR Codes) predesigned within the program; for the collection of the images in real time the camera of an android mobile phone was used, which together with the installation files was a successful reception and transmission of video in real time, this whole system works perfectly thanks to the communication of a router Wireless CISCO E2500 pre-configured; and the communication of the HC-05 Bluetooth module for the control of robot movements. It was necessary to use the Proteus software in which the models of the PCB circuits were made, finally and with previous experimentation, it was decided to use a LiPo battery from 11.1 volts to 2.65 Amperes. It is concluded that the direct application of this model would help the real-time monitoring of all the activities that take place inside the building, discover anomalies in its surroundings, in turn, the inclusion of augmented reality in order to facilitate people appropriation of new disciplinary knowledge and its transfer in different fields to solve problems in a heuristic way.

**KEYWORDS:** <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCE>, <ROBOTICS>, <WIRELESS COMMUNICATIONS>, <IP CAMERA>, <DISTANCE SENSORS>, <GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)>, <INCREASED REALITY>, <AUMENTATY AUTHOR (SOFTWARE)>.

## **INTRODUCCIÓN**

Hoy en día el desarrollo de nuevas tecnologías de información, acceso a la educación y sobre todo el gran apoyo que se brinda a las diferentes actividades de investigación han hecho que ramas como la Electrónica, Robótica, Informática entre otras, logren su mayor auge en estos tiempos, brindando la posibilidad de crear nuevas propuestas tecnológicas en beneficio de la comunidad; esto ha generado una evolución de los sistemas anteriormente mencionados. La invasión de los nuevos robots es posible porque son máquinas sencillas baratas y muy efectivas para las labores que se diseñan.

Partiendo desde este punto es necesario empezar a incursionar en nuevas formas de tecnología y/o desarrollo, como el procesamiento de imágenes, transmisión inalámbrica, realidad aumentada, robots móviles, apoyo a la comunidad, etc. Todo esto ayuda a complementar el análisis y aplicación para el proceso de monitoreo en tiempo real que propone este proyecto.

En el presente trabajo de titulación, se realizó un robot móvil controlado inalámbricamente que permite realizar un monitoreo de actividades para edificios; además de que el prototipo puede ser utilizado para tomar imágenes del espacio real y gracias a un software poder visualizar diseños 3D en Realidad Aumentada, dicho sistema se puede utilizar para Publicidad, Educación y sobre todo que sirva como plataforma para experimentar nuevas aplicaciones. (Angulo Usateguá, 2005)

## **ANTECEDENTES**

Para buena parte de nuestra sociedad un robot es mucho más que un conjunto de mecanismos y electrónica, capaz de trabajar de manera ininterrumpida fabricando bienes de consumo. Los robots sugieren modernidad y avance científico, reflejando en épocas pasadas, presentes y seguramente futuras, muchas de las expectativas del progreso tecnológico. (Barrientos, 2007, p. xi).

La invasión de los nuevos robots es posible porque son máquinas sencillas baratas y muy efectivas para las labores que se diseñan (Angulo Usateguá, 2005, p. xvii); por ende la oferta de proyectos dentro de este campo es muy limitada dentro del país, existiendo pocas aplicaciones de realidad aumentada tales como, Impacto de la Realidad Aumentada móvil aplicada en la

Medicina (Yasaca Pucuna, 2015), Pizarra Virtual usando Realidad Aumentada (Caguana Tibán, 2015), Realidad Aumentada aplicada en publicidad (Dávalos Arias, 2014), etc. En el mundo existe un prototipo comercial llamado *Mekamon*, desarrollado por la empresa Xiaomi de China, el robot que utiliza la realidad aumentada para combatir en el salón. Mekamon es un dron terrestre con forma arácnida que mide 40x40x15 cm de pie, este robot convertirá cualquier espacio en un campo de batalla virtual. El usuario no ve la recreación a menos que utilice la app -Mekamon de Play Store Android- dedicada del robot para smartphones y su función de realidad aumentada. El terminal se conectará vía Bluetooth con el juguete, mostrando en la pantalla nuevos detalles que no existen en la realidad y enemigos que intentarán batir al tanque robotizado. (Betech, 2016). Además del robot Xiami Chino, dentro del país tenemos una plataforma similar que es utilizada para el mejoramiento del aprendizaje y entretenimiento para niños de Primaria (Chimbo Tamami & Jiménez Caiza, 2017); finalmente partiendo desde estos 2 punto es necesario empezar a incursionar en nuevas formas de tecnología y/o desarrollo; como el procesamiento de imágenes, transmisión inalámbrica, realidad aumentada, robots móviles, apoyo a la comunidad, etc; todo esto ayudaría a complementar el análisis y aplicación para el proceso de monitoreo en tiempo real que propone este proyecto.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo influirá la Realidad Aumentada en el desarrollo de un Robot Móvil Controlado de forma remota para el monitoreo del edificio de la FIE–ESPOCH en tiempo real?

## **SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es la ventaja de analizar la información existente sobre robots móviles y realidad aumentada?

¿De qué manera ayudaría el diseño de un prototipo robótico acorde a los espacios de trabajo?

¿De qué manera ayudaría la implementación del prototipo con los dispositivos previamente seleccionados?

¿Cuál es la ventaja de verificar el funcionamiento del robot móvil en el monitoreo del edificio de la FIE en tiempo real?

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Implementar un Robot Móvil Controlado de forma remota, aplicado al monitoreo del edificio de la FIE en tiempo real utilizando Realidad Aumentada.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar la información que existe referente a robots móviles y realidad aumentada.
- Diseñar el prototipo robótico acorde a los requerimientos del espacio de trabajo analizados.
- Implementar el prototipo con los dispositivos previamente seleccionados.
- Verificar y validar la información referente al robot móvil y la realidad aumentada.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1. Robótica

#### *1.1.1. Introducción a la robótica*

El tema de la Robótica es relevante en el plan de estudios de ingeniería hoy en día debido a la capacidad de los robots para realizar trabajos incesantes y peligrosos. Un robot sólo tiene sentido cuando su intención es la de relevar a un trabajador humano de una labor diaria, desagradable o demasiado precisa.

Normalmente, un robot es diseñado para que asista a un trabajador humano. Al contrario de lo que por lo general se cree, en realidad no es más rápido que los humanos en la mayoría de las aplicaciones, pero es capaz de mantener su velocidad durante largo período. De esto resulta que la productividad aumenta si la cantidad de piezas que se va a producir es numerosa grande.

Además, la inteligencia de los robots más avanzados de la actualidad no se acerca a la humana. Por lo tanto, la introducción de un robot en un proceso si el entendimiento real de los beneficios que puede proporcionar sería desastrosa y no es aconsejable. (Subir Kumar, 2010, p. 1).

Los robots son máquinas en las que se integran componentes mecánicos, eléctricos, electrónicos y de comunicaciones dotadas de un sistema informático para su control en tiempo real, percepción del entorno y programación.

La robótica es todavía una disciplina relativamente joven. En efecto, aunque el término robot se acuña en los años veinte del pasado siglo, la robótica industrial nace en los cincuenta y solo en

los setenta comienzan a impartirse cursos de robótica en un gran número de universidades. (Ollero Baturone, 2001, p. xvii).

En la primera mitad de los años setenta también se crean las primeras asociaciones nacionales de robótica, siendo las más importantes JIRA (Japan Industrial Robot Association), la RIA (Robot Institute of America) y la AFRI (Association Francaise de Robotique Industrielle). (Olier Caparros, 1999, p. 53)

### **1.1.2. Definición de robótica**

El robot se define, de manera formal en la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), como un manipulador *multifuncional reprogramable*, capaz de mover materiales, piezas o dispositivos especiales, a través de movimientos variables programados, para el desempeño de tareas diversas. Existen otras definiciones dadas por otras asociaciones, como por ejemplo, RIA, JIRA, BRA y otras. Todas ellas coinciden en dos puntos: la capacidad de reprogramación y la multifuncionalidad de los robots.

En términos generales, los robots son clasificados como *industriales*, *no industriales* o para *usos especiales* (Subir Kumar, 2010, p. 5). En comparación de los grandes robots industriales, los robots a los que nos referimos en esta obra, también llamados micro robots o microbot, parecen un simple juguete. Pueden tener forma de vehículo, de animal, de criatura robótica; pero todos tienen una característica común: *la inteligencia necesaria* para realizar tareas en un entorno que puede variar y al cual se pueden adaptar.

Un microbot es un pequeño robot móvil y programable que realiza una sencilla tarea. Su cerebro consiste en un micro controlador que gobierna todas sus acciones y según el trabajo encomendado precisa de un programa concreto y de unas entradas de información y salidas para los actuadores. Su tamaño, potencia y precio es considerablemente menor al de un robot industrial, pero sobre todo difiere de éste en el tipo de tareas a que se dedica. (Angulo Usategu, 2005, p. 5)

### ***1.1.3. Historia de la robótica***

Aunque la idea de los robots se remonta a tiempos antiguos, hace más de 3000 años en la leyenda hindú de los elefantes mecánicos (Fuller, 1999), la palabra *robot* se usó por primera vez en 1921, en la obra de teatro *Rossum's Universal Robots (RUR)*, escrita por el checo Karel Capek (1890-1938).

En la obra *RUR* (Dorf, 1988), es un fabricante ficticio de criaturas mecánicas diseñaba robots para reemplazar a trabajadores humanos. Eficientes pero completamente faltos de emociones, se pensaba al principio que estos robots eran mejores que las personas, puesto que hacían lo que se les ordenaba sin preguntar.

Al final, los robots se volvieron contra sus amos. Acabaron con la raza humana, salvo un solo hombre para que pudiera seguir produciendo más robots. Desgraciadamente, la fórmula se había perdido en la destrucción causada por los robots.

Este sentimiento de odio hacia los robots parece existir hasta hoy. El miedo de que vayan a apoderarse del trabajo de las personas ha dado como resultado el retraso en el desarrollo en esta área. Sin embargo, Isaac Asimov, en sus historias de ciencia ficción de los años cuarenta, se imaginaba al robot como ayudante de la humanidad y postulaba tres reglas básicas para robots. Por lo general, éstas se conocen como las leyes de la robótica. (Subir Kumar, 2010, p. 2)

### ***1.1.4. Leyes de la robótica***

- i. Un robot no puede dañar a un ser humano ni, por su inacción, dejar que un ser humano sufra daño.
- ii. Un robot debe obedecer las órdenes que le son dadas por un ser humano, excepto si éstas entran en conflicto con la primera ley.
- iii. Un robot debe proteger su propia existencia, a menos que ésta entre en conflicto con las dos primeras leyes.

Más tarde, Fuller (1999) introdujo una cuarta ley que dice:

- iv. Un robot podrá tomar el trabajo de un ser humano, pero no debe dejar a esta persona sin empleo. (Subir Kumar, 2010, p. 2)

### 1.1.5. *Autómatas o mecanismos más relevantes a lo largo de la historia*

A continuación en la siguiente tabla se muestran los distintos prototipos robóticos que se han sido creados a lo largo del tiempo.

**Tabla 1-1:** Autómatas más relevantes de la historia

| AÑO         | AUTOR                | MECANISMO                           | COMENTARIO   |
|-------------|----------------------|-------------------------------------|--|
| 270 a.C.    | Ctesibius            | Clépsidra y órgano de agua          | Aplicación de la neumática e hidráulica para la producción de los primeros relojes y órganos de agua.  |
| 62 a.C.     | Heron de Alejandría  | Teatro automático                   | Escribió un tratado sobre Neumática. En el teatro automático las figuras cambiaban de posición, los pájaros cantaban, se oían las trompetas y los animales bebían del agua, entre otros movimientos.   |
| 87 a.C.     | Escuela de Posidonio | Mecanismo de Antikythera            | Mecanismo para el cálculo de la posición de los astros. Resulta ser el ejemplo más antiguo de procesamiento de información a través de engranajes.   |
| 1200        | Al-Jazari            | Fuente del Pavo Real                | Al-Jazari es el autor de un tratado de mecanismos ingeniosos, en el que aparece la fuente del pavo real entre otros mecanismos. Se trata de un autómatas para lavarse las manos. Tras tirar de la cola del pavo, se llena de agua una vasija, aparece una pequeña figura con un tarro con polvos perfumados, seguido por otra figura con una toalla. |
| 1232 – 1316 | Ramón Llul           | Ars Magna                           | El Ars Magna consistía en una serie de círculos concéntricos en las que había distintas palabras. Cuando un grupo de palabra se ponía en un orden determinado formando una pregunta, otras palabras se juntaban para formar la respuesta.  |
| 1352        | Desconocido          | Gallo de la catedral de Estrasburgo | Es el reloj medieval más famoso y elaborado. Estuvo operativo hasta 1789. Aparecía en compañía de otras doce figuras representando a los apóstoles, movía las alas, levantaba la cabeza y cacareaba tres veces.  |
| 1500        | Leonardo Da Vinci    | León Mecánico                       | Construido en honor del rey de Francia, Luis XII alrededor de 1500, aunque no se conservan planos del mismo. Se cree que ante el rey dio unos pasos, levanto una garra y se abrió el pecho para enseñar el escudo de armas del rey.  |
| 1525        | Juanelo Turriano     | Monje u hombre de palo              | Figura de monje programado para andar unos pasos, asintiendo con la cabeza, moviendo ojos y boca, mientras con una mano sujeta un crucifijo y con otra se da golpes en el pecho.   |
| 1540        |                      | Tocadora de Laúd                    | Se le atribuye la construcción para Carlos V de una figura de mujer que podía dar unos pasos en línea recta o en círculo, al mismo tiempo que sacaba notas de un pequeño laúd.   |
| 1738        | Jacques de Vaucanson | Pato                                | Es uno de los autómatas más famosos. Se trata de un pato de cobre que comía, bebía, graznaba, movía las alas e incluso digería la comida como un pato real.  |
| 1738        |                      | Flautista y                         | Presentados junto con el pato, se trataba de figuras de un   |

|                      |                         |                                   |   |
|----------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|
|                      |                         | Tamborilero                       | metro y ochenta centímetros sobre un pedestal. El flautista, a través de una corriente de aire y el movimiento de labios y dedos era capaz de tocar doce melodías distintas.  |
| 1760                 | Friedrich von Knauss    | Máquina de escritura automática   | Se trataba de una máquina capaz de escribir pasajes de hasta 107 palabras. Podía escribir cualquier texto compuesto anteriormente o proveniente de un dictado tras el operador presionar las teclas adecuadas.  |
| 1770<br>1772<br>1773 | Jaquet - Droz           | Escriba<br>Organista<br>Dibujante | Los tres autómatas estaban operados por mecanismos de relojería basados en el uso de cadenas complejas de levas. El escriba y el dibujante tenían la forma de niños jóvenes, vestidos elegantemente. El escriba podía mojar la pluma en la tinta  |
| 1778                 | Baron W. Von Kempelen   | Máquina parlante                  | Tras un trabajo de veinte años, construyó una máquina capaz de reproducir los órganos vocales de los seres humanos, y con ello reproducir los distintos sonidos.  |
| 1796                 | Hanzo Hosokawa          | Muñeca para servir el té          | Se trata de una muñeca de madera de unos 35cm de alto que sujeta una bandeja. Si se pone un recipiente con té sobre ella, la muñeca se mueve hacia delante. Si se le quita, se para. Si se le vuelve a poner, se da la vuelta y vuelve por donde ha venido. Es capaz de moverse más de medio metro en cada dirección. |
| 1805                 | Familia Maillardet      | Muñeca capaz de dibujar           | En un comienzo se trataba de la figura de un niño arrodillado con un lápiz en la mano, que eran capaz de escribir en inglés y francés y de dibujar paisajes. Posteriormente se transformó en una mujer.   |
| 1900                 | Leonardo Torres Quevedo | Máquinas algebraicas              | Conjunto de máquinas capaces de resolver ecuaciones polinómicas por procedimientos estrictamente mecánicos. Destacan los aritmóforos, el tren exponencial y los husillos sinfín.  |
| 1906                 |                         | El Telekino                       | Dispositivo para el control a distancia de barcos y dirigibles median ondas Hertzianas. Las señales se asemejan a las del alfabeto Morse, que interpretadas dan lugar hasta una veintena de movimientos diferentes.   |
| 1912                 |                         | Máquina de Jugar Ajedrez          | Máquina que era capaz de jugar partidas de Torres y Rey con Rey. Para este tipo de partidas, se pueden dar una serie de reglas que aseguran jaque mate en un número determinado de movimientos.   |

**Realizado por:** Jefferson Frías, 2018

**Fuente:** (Barrientos, 2007, p. 3)

### ***1.1.6. Clasificación de la robótica***

La potencia del software en el controlador determina a utilidad y flexibilidad del robot dentro de las limitantes del diseño mecánico y la capacidad de los sensores.

Existe mucha información general en referencia a la clasificación de Robótica como tal; pero luego de un análisis respectivo exhaustivo pueden ser de los siguientes tipos:

*a. Por su generación*

La generación de un robot se determina por el orden histórico de desarrollos en la robótica. Cinco generaciones son normalmente asignadas a los robots industriales:

- *Primera generación*

El sistema de control está basado en las “paradas fijas” mecánicamente. Como ejemplo de esta primera etapa están los mecanismos de relojería que mueven las cajas musicales o los juguetes de cuerda.

- *Segunda generación*

El movimiento se controla a través de una secuencia numérica almacenada en disco o cinta magnética. Por regla general, este tipo de robots se utiliza en la industria automotriz y son de gran tamaño.

- *Tercera generación*

Utilizan las computadoras para su control y tienen cierta percepción de su entorno a través del uso de sensores. Con esta generación se inicia la era de los robots inteligentes y aparecen los lenguajes de programación para escribir los programas de control.

- *Cuarta generación*

Se trata de robots altamente inteligentes con más y mejores extensiones sensoriales, para entender sus acciones y captar el mundo que los rodea, incorporan conceptos “modélicos” de conducta.

- *Quinta generación*

Actualmente en desarrollo. Esta nueva generación de robots basará su acción principalmente en modelos conductuales establecidos. (Mata Hernandez, 2009).

**b. *Según su arquitectura generacional***

- *Robots play-back*

Los cuales regeneran una secuencia de instrucciones grabadas como un robot utilizado en recubrimiento por spray o soldadura por arco. Estos robots comúnmente tienen un control de lazo abierto.

- *Robots controlados por sensores*

Estos tienen un control en lazo cerrado de movimientos manipulados, y hacen decisiones basados en datos obtenidos por sensores.

- *Robots controlados por visión*

Donde los robots pueden manipular un objeto al utilizar información desde un sistema de visión.

- *Robots controlados adaptablemente*

Donde los robots pueden automáticamente reprogramar sus acciones sobre la base de los datos obtenidos por los sensores.

- *Robots con inteligencia artificial*

Donde los robots utilizan las técnicas de Inteligencia Artificial para hacer sus propias decisiones y resolver problemas.

- *Robots médicos*

Fundamentalmente, prótesis para disminuidos físicos que se adaptan al cuerpo y están dotados de potentes sistemas de mando. Con ellos se logra igualar al cuerpo con precisión los movimientos y funciones de los órganos o extremidades que suplen.

- *Androides*

Robots que se parecen y actúan como seres humanos. Los robots de hoy en día vienen en todas las formas y tamaños, pero a excepción de los que aparecen en las ferias y

espectáculos, no se parecen a las personas y por tanto no son androides. Actualmente, los androides reales solo existen en la imaginación y en las películas de ficción.

- *Robots móviles*

Provistos de patas, ruedas u orugas que los capacitan para desplazarse de acuerdo su programación. Elaboran la información que reciben a través de sus propios sistemas de sensores y se emplean en determinado tipo de instalaciones industriales, sobre todo para el transporte de mercancías en cadenas de producción y almacenes. También se utilizan robots de este tipo para la investigación en lugares de difícil acceso o muy distantes, como es el caso de la exploración espacial y las investigaciones o rescates submarinos. (Mata Hernandez, 2009).

**c. *Por su nivel de inteligencia***

La Asociación de Robots Japonesa (JIRA) ha clasificado a los robots dentro de seis clases sobre la base de su nivel de inteligencia.

- *Dispositivos de manejo manual*

Controlados por una Persona.

- *Robots de secuencia arreglada*

Son robots controlados por una persona de tal manera que hacen lo que la persona le ordena mediante un control remoto.

- *Robots de secuencia variable*

Donde un operador puede modificar la secuencia fácilmente.

- *Robots regeneradores*

Donde el operador humano conduce el robot a través de la tarea.

- *Robots de control numérico*

Donde el operador alimenta la programación del movimiento, hasta que se enseñe manualmente la tarea.

- *Robots inteligentes*

Los cuales pueden entender e interactuar con cambio en él. (Mata Hernandez, 2009)

**d. *Por su nivel de control***

Los programas en el controlador del robot pueden ser agrupados de acuerdo al nivel de control que realizan o sus predictibilidades en las formas para realizar su función.

- *Nivel de inteligencia artificial*

Donde el programa aceptará un comando como “levantar el producto” y descomponerlo dentro de una secuencia de comandos de bajo nivel basados en un modelo estratégico de las tareas.

- *Nivel de modo de control*

Donde los movimientos del sistema son modelados, para lo que se incluye la interacción dinámica entre los diferentes mecanismos, trayectorias planeadas, y los puntos de asignación seleccionados.

- *Niveles de servosistemas*

Donde los actuadores controlan los parámetros de los mecanismos con el uso de una retroalimentación interna de los datos obtenidos por los sensores, y la ruta es modificada sobre la base de los datos que se obtienen de sensores externos. Todas las detecciones de fallas y mecanismos de corrección son implementados en este nivel.

**e. *Por su lenguaje de programación***

En la clasificación final se considerara el nivel del lenguaje de programación. La clave para una aplicación efectiva de los robots para una amplia variedad de tareas, es el desarrollo de lenguajes de alto nivel. Existen muchos sistemas de programación de robots, aunque la mayoría del software más avanzado se encuentra en los laboratorios de investigación. Los sistemas de programación de robots caen dentro de tres clases.

- *Sistemas guiados*

En el cual el usuario conduce el robot a través de los movimientos a ser realizados.

- *Sistemas de programación de nivel-robot*

En los cuales el usuario escribe un programa de computadora al especificar el movimiento y el sensado.

- *Sistemas de programación de nivel-tarea*

En el cual el usuario especifica la operación por sus acciones sobre los objetos que el robot manipula. (Mata Hernandez, 2009).

## **1.2. Micro controlador**

### ***1.2.1. Introducción a los micros controladores***

Aunque no los veamos, los microprocesadores y micro controladores están en todas partes. Son unos chips omnipresentes capaces de resolver tareas de diversas complejidades. Sus aplicaciones pueden ser infinitas y están en la industria, la robótica, la domótica y las comunicaciones. (Benchimol, 2011, p. 4).

Antes de la existencia del micro procesador las personas no poseían una forma de diseñar circuitos electrónicos pequeños y de gran eficiencia, el diseño involucraba muchos componentes electrónicos basados en transistores, circuitos lógicos, resistencias.

Lo que provocaba circuitos con muchos fallos y ajustes, además de éste inconveniente involucraba una gran cantidad de cálculos matemáticos. En el año de 1971 apareció el primer micro procesador lo que provoco un cambio radical en las técnicas de diseño de la mayoría de equipos electrónicos.

En un principio se creía que el manejo de los micro procesadores involucraba un conocimiento intelectual superior sin embargo con el pasar de los años esto cambió, se hizo más fácil entender dando como resultado que los diseños electrónicos sean mucho más pequeños y simplificados,

estos diseños podían realizar una mayor cantidad de tareas en mucho menos tiempo. (Chamba Cruz & Jarrín Valencia, 2013, p. 44).

Los Microprocesadores son circuitos integrados que contienen millones de transistores en su interior, los cuales crean circuitos complejos encargados de realizar diferentes tareas. También se los denomina *Unidad de Procesamiento Central* o *CPU*, ya que muchos de ellos pueden actuar como el “cerebro” de un sistema computacional, administrando todas las tareas que este realice y llevando a cabo las operaciones con los datos.

Los microprocesadores están diseñados para interpretar y ejecutar las instrucciones que nosotros les indiquemos y que suelen ser operaciones simples, como sumar, restar, multiplicar y dividir. Pero también existen instrucciones lógicas, como AND, OR, NOT entre otras. El listado de instrucciones recibe el nombre de *programa*, que las ejecuta una por una por medio del microprocesador.

La potencia, el tamaño y la complejidad de los microprocesadores fueron incrementándose con el correr del tiempo. Tanto es así que hoy en día podemos observar procesadores que integran millones de transistores en su interior y con varios núcleos para aumentar su capacidad de procesamiento. (Wikipedia, 2015). A continuación en la figura 1-1 se muestra el microcontrolador PIC16f628A.



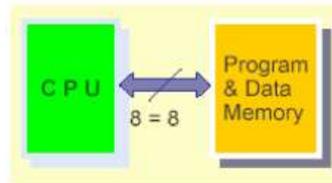
**Figura 1-1:** Microcontrolador PIC16F628A  
**Fuente:** (Benchimol, 2011)

### ***1.2.2. Funcionamiento***

Existen dos tipos de arquitecturas en micro controladores, la arquitectura Von Neumann y la arquitectura Harvard. A inicios los microcontroladores se adoptaron por la arquitectura Von Neumann, en la actualidad la arquitectura que está predominándolos es la Harvard.

a. *Arquitectura Von Neumann*

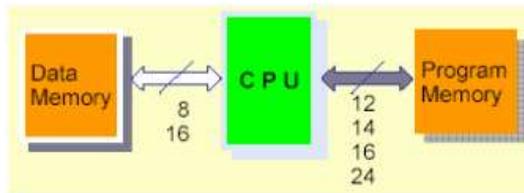
Un único bus de datos para instrucciones e información. Las instrucciones del programa y los datos se guardan conjuntamente en una memoria común. Cuando la CPU se dirige a la memoria principal, primero accede a la instrucción y después a los datos necesarios para ejecutarla, esto retarda el funcionamiento. (Universidad del centro de Buenos Aires, 2012).



**Figura 2-1:** Arquitectura Von Neumann – Microcontrolador  
**Fuente:** (Universidad del centro de Buenos Aires, 2012)

b. *Arquitectura Harvard*

El bus de datos y el bus de instrucciones están separados. El acceso se da en paralelo: “Cuando se está leyendo una instrucción, la instrucción actual está utilizando el bus de datos. Una vez finalizada la instrucción actual, la siguiente ya está disponible en la CPU”



**Figura 3-1:** Arquitectura Harvard  
**Fuente:** (Universidad del centro de Buenos Aires, 2012)

**1.2.3. Partes de un microcontrolador**

Básicamente el micro controlador está conformado por tres partes principales, la memoria, la unidad central de procesamiento y periféricos de I/O; estos elementos son esenciales para el correcto funcionamiento de los micro controlador.

a. *Memoria*

Es el componente de los micros controladores en el cual se almacena toda la información necesaria durante un tiempo determinado. La información que será almacenada en memorias son las instrucciones de la programación y los diferentes datos necesarios para la ejecución del programa, de lo cual se pueden distinguir dos tipos de memoria.

La memoria volátil que es la que se pierde al momento de desconectar el micro controlador, y la memoria no volátil que es aquella que no se pierde y se queda almacenada así se le quita la alimentación al micro controlador.

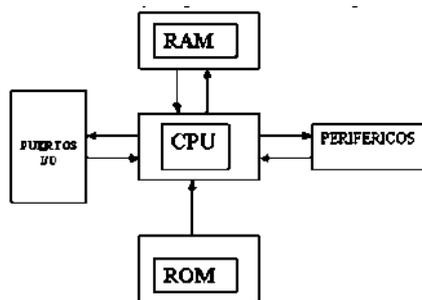
*b. Unidad central de proceso*

También es conocida por CPU, es el elemento más importante de micro procesador debido a que se ejecuta todas las instrucciones que se encuentren almacenadas en la memoria de dicho micro controlador.

*c. Periféricos i / o.*

Las unidades de I / O son de gran importancia para las micro controladores ya que estas nos permitirán enviar información al exterior por medio de las salidas e introducir información del exterior por medio de las entradas. Esta unidad nos permite la comunicación con el exterior. (Chamba Cruz & Jarrín Valencia, 2013, p. 48)

En la figura 4-1 se muestra las partes que posee un microcontrolador.



**Figura 4-1:** Partes de un Microcontrolador  
Fuente: (Atlantic International University, 2008)

#### **1.2.4. Familias AVR y PIC**

En los años recientes el mundo de la electrónica y en especial el diseño de sistemas embebidos basados en microcontroladores ha sido el escenario de una batalla entre dos grupos de diseñadores de estos sistemas, un grupo está formado por aquellos entusiastas en electrónica que usan los microcontroladores de la familia PIC del fabricante MICROCHIP y otro grupo lo forman las personas que prefieren diseñar sistemas basados en los microcontroladores de la familia AVR de ATMEL.

Los PIC son una familia de microcontroladores de 8 bits fabricados por la empresa MICROCHIP, cuentan con un CPU RISC y memoria FLASH para el almacenamiento del Firmware. Por otro lado los AVR son una familia fabricada por la compañía noruega ATMEL, estos microcontroladores de 8 bits cuenta con una CPU RISC y su memoria de programa viene implementada en FLASH. Ambas familias cuenta con periféricos como Puertos Digitales, ADC, PWM, entre otros.

Basado en esta descripción, se podría pensar que los PIC y AVR son iguales, en cierto modo sí, desde un punto de vista de estructura general, pero es el ámbito que rodea esta estructura para el desarrollo de sistemas embebidos, es donde encontramos diferencia entre ambos microcontroladores, en indicadores como Lenguaje de programación, IDE, interfaces para la programación, reloj interno, voltaje de alimentación, potencia, costo, etc. (Flores Cortez, 2009).

#### **1.2.5. Atmega**

Es un tipo de micro controlador de la familia de los AVR de 8 bits, éste tiene algunas variantes como:

- Dimensión del código
- Dimensión de EEPROM
- Número de pines I/O
- Cantidad de Servicios

Tiene 32 registros, cada uno tiene su conjunto de instrucciones, estas instrucciones están directamente afines a la ALU.

Este presenta algunas ventajas con relación a los micros controladores convencionales como por ejemplo una mayor eficiencia y ofrece una transferencia de datos de diez veces más rápido. (Chamba Cruz & Jarrín Valencia, 2013, p. 49)

#### **1.2.6. Arduino**

Es una plataforma de código abierto utilizada para la construcción de proyectos de electrónica. Arduino consiste en una placa de circuito programable física y una pieza de software, o IDE

(Entorno de desarrollo integrado) que se ejecuta en su computadora, que se unas para escribir y cargar códigos de computadora en la placa física.

La plataforma Arduino se ha vuelto bastante popular entre las personas que recién comienzan con productos electrónicos, y por una buena razón. A diferencia de la mayoría de las placas de circuitos programables anteriores, Arduino no necesita una pieza de hardware separada para cargar código nuevo en la placa, simplemente puede usar un cable USB. Además, Arduino IDE utiliza una versión simplificada de C++, por lo que es más fácil aprender a programar. Finalmente, Arduino proporciona un factor de forma estándar que divide las funciones del micro controlador en un paquete más accesible. (SparkFun, 2016).



**Figura 5-1:** Módulos Arduino

Fuente: <http://recursos.cepindalo.es/mod/book/tool/print/index.php?id=2886>

**Tabla 2-1:** Características de diferentes modelos de placas de Arduino

| Modelo                        | Voltaje de entrada | Frecuencia de reloj | E/S digitales | E analógicas | PWM |
|-------------------------------|--------------------|---------------------|---------------|--------------|-----|
| <b>Arduino Due</b>            | 5-12V              | 84MHz               | 54*           | 12           | 12  |
| <b>Arduino Leonardo</b>       | 7-12V              | 16MHz               | 20*           | 12           | 7   |
| <b>Arduino Uno -R3</b>        | 7-12V              | 16MHz               | 14            | 6            | 6   |
| <b>Arduino Bluetooth</b>      | 7-15V              | 16MHz               | 14            | 6            | 6   |
| <b>RedBoard</b>               | 1.2-5,5V           | 16MHz               | 14            | 6            | 6   |
| <b>Arduino Pro 3.3v/ 8MHz</b> | 3.35 -12V          | 8MHz                | 14            | 6            | 6   |
| <b>Arduino Pro 5v/ 16MHz</b>  | 5 - 12V            | 16MHz               | 14            | 6            | 6   |
| <b>Arduino Mega 2560 R3</b>   | 7-12V              | 16MHz               | 54            | 16           | 14  |
| <b>Mega Pro 3.3v</b>          | 3.3-12V            | 8MHz                | 54            | 16           | 14  |
| <b>Mega Pro 5v</b>            | 5-12V              | 16MHz               | 54            | 16           | 14  |
| <b>Arduino Mini 05</b>        | 7-9V               | 16MHz               | 14            | 6            | 8   |
| <b>Arduino Pro Mini</b>       | 3.35-12V           | 8MHz                | 14            | 6            | 6   |
| <b>Arduino Pro Mini</b>       | 5 - 12V            | 16MHz               | 14            | 6            | 6   |
| <b>Arduino Fio</b>            | 3.35-12V           | 8MHz                | 14            | 8            | 6   |

|                            |          |       |    |    |    |
|----------------------------|----------|-------|----|----|----|
| <b>Mega Pro Mini 3.3V</b>  | 3.35-12V | 8MHz  | 54 | 16 | 14 |
| <b>Pro Micro 5V/16MHz</b>  | 5-12V    | 16MHz | 12 | 4  | 5  |
| <b>Pro Micro 3.3V/8MHz</b> | 3.35-12V | 8MHz  | 12 | 4  | 5  |
| <b>LilyPad Arduino 328</b> | 2.7-5,5V | 8MHz  | 14 | 6  | 6  |
| <b>LilyPad Arduino</b>     | 2.7-5,5V | 8MHz  | 9  | 5  | 5  |

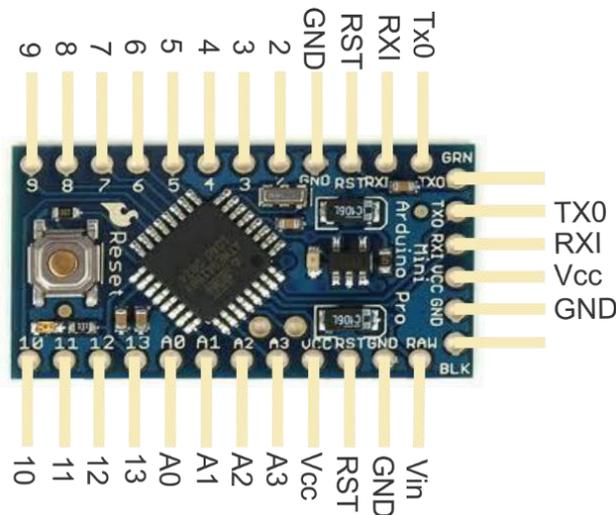
**Realizador por:** Jefferson Frías, 2018

**Fuente:** <https://es.wikipedia.org/wiki/Arduino>

a. *Arduino Pro Mini*

Arduino Pro Mini está diseñado para usuarios avanzados que requieren flexibilidad, bajo costo y tamaño pequeño. Viene con el mínimo de componente (sin encabezados USB o pin incorporados) para mantener el costo bajo. Es una buena opción para una placa que quiera dejar incrustada en un proyecto. Tenga en cuenta que hay dos versiones de la placa: una que opera a 5V y otra que opera a 3.3V. Asegúrese de proporcionar la potencia correcta y utilice componente cuya tensión de funcionamiento coincida con la de la placa.

El Arduino Pro Mini se programa utilizando el software Arduino (IDE), nuestro entorno de desarrollo integrado común a todos nuestros tableros y que funciona tanto en línea como fuera de línea. (Arduino, 2008).



**Figura 6-1:** Arduino Pro mini

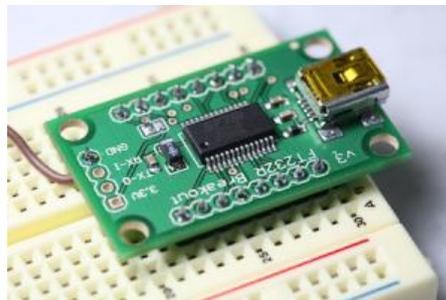
**Fuente:** <http://www.microsolution.com.pk/product/arduino-pro-mini-in-pakistan/>

### 1.2.7. Comunicación serial asíncrona

La comunicación serial consiste en el envío de un bit de información de manera secuencial, esto es, un bit a la vez y a un ritmo acordado entre el emisor y el receptor. Existen en la actualidad diferentes ejemplos de puertos que comunican información de manera serial (un bit a la vez), El conocido como “Puerto serial” ha sido gradualmente reemplazado por el puerto USB que permite mayor versatilidad en la conexión de múltiples dispositivos. Aunque en naturaleza serial, no suele referenciarse de esta manera ya que sigue sus propios estándares y no los establecidos por el RS-232.

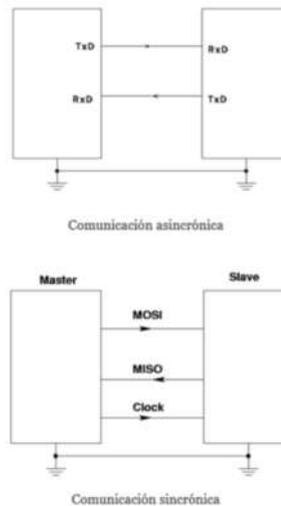
La mayoría de los microcontroladores, entre ellos Arduino, poseen un puerto de comunicación serial. Para comunicarse con los computadores actuales que poseen únicamente puerto USB requieren un dispositivo “traductor”. Arduino emplea el integrado FT232R, el cual es un convertidor USB-Serial. A través de este el microcontrolador puede recibir y enviar datos a un computador de manera serial. (WordPress, 2009).

En la figura 7-1 se muestra el Chip USB FT232R utilizado para la comunicación PC – Arduino.



**Figura 7-1:** USB-Serial chip FT232R  
Fuente: (WordPress, 2009)

En la comunicación asincrónica, la velocidad de envío de los datos es acordada a priori entre el emisor y el receptor. En la comunicación sincrónica, el envío de datos es sincronizado por el emisor a partir de un pulso constante de reloj (Clock), con cada pulso envía un nuevo dato. (WordPress, 2009). En la figura 8-1 se muestra como se realiza la comunicación y el flujo de datos en la comunicación sincrónica y asincrónica.



**Figura 8-1:** Comunicación Asincrónica y Sincrónica  
**Fuente:** (WordPress, 2009)

En la comunicación con el computador Arduino emplea la comunicación asincrónica. Esto es, requiere de sólo dos líneas de conexión que corresponden a los pines 2 y 3: Pin 2 (Rx) pin de recepción y pin 3 (Tx) pin de transmisión, y del establecimiento de un nivel de tierra común con el computador, esto es, ambas tierras deben estar conectadas, estableciendo el mismo voltaje de referencia.

Además de realizar las conexiones físicas entre el microcontrolador y el computador, para que pueda establecerse la comunicación serial debe existir un acuerdo previo en la manera cómo van a ser enviados los datos. Este acuerdo debe incluir los niveles de voltaje que serán usados, el tamaño y formato de cada uno de los mensajes, el tipo de lógica empleada, el orden en que serán enviados los datos y la velocidad de envío de datos. Arduino facilita este proceso para que sólo sea necesario especificar la velocidad de envío de los datos. Esta velocidad es conocida como “baud rate” o trama de pulsos por segundo. Velocidades frecuentes de uso son 9600, 19200, 57600 y 115200. (WordPress, 2009).

### 1.3. Actuadores

La robótica, una de las impulsoras de la llamada cuarta revolución industrial, empieza a no conocer límites en cuanto a variedad de aplicaciones. Los actuadores eléctricos o motor reductores son claves en el control de las posiciones y velocidades que exigen los diferentes mecanismos o accionamientos de cada robot. (Compañía Levantina de Reductores, 2016).

Los actuadores, acompañados de sensores y controladores, generan el movimiento de las diferentes partes de un robot. Su uso en un proyecto de robótica dependerá de la estabilidad que deseemos obtener, el peso que necesitemos mover, la velocidad de repetición o la precisión en la que el robot deba trabajar, entre otros factores. (Compañía Levantina de Reductores, 2016).

Principalmente se usan tres tipos de actuadores en robótica, según la energía que transforman:

### ***1.3.1. Hidráulico***

Se utilizan en robots de gran tamaño que requieren velocidad en la ejecución de tareas repetitivas, así como una gran estabilidad y resistencia mecánica para cargas pesadas. Estos actuadores se clasifican en cilindros hidráulicos y válvulas hidráulicas.

### ***1.3.2. Neumáticos***

Usados en robots de pequeño tamaño y en mecanismos de accionamiento que generalmente requieren dos estados. Dentro de los actuadores neumáticos podemos distinguir entre cilindros neumáticos y motores neumáticos.

### ***1.3.3. Eléctricos***

Son los más idóneos para robots que no demandan gran velocidad ni potencia, pero que si exigen exactitud y repetitividad, como es el caso de la robótica industrial. Su uso en ese sector resulta especialmente interesante por su sencilla instalación, facilidad de control y fiabilidad. Estos se clasifican en motores de corriente continua o servomotores, motores de corriente alterna y motores de paso a paso.

a. *Motores de Corriente Continua*

Este motor DC posee una caja reductora integrada que le permite entregar un buen torque en un pequeño tamaño y bajo voltaje. La carcasa del motor es de plástico resistente, no tóxico y de color amarillo. La llanta de goma posee un excelente agarre en superficies de cemento, madera y acrílico. Incluso le permiten soportar cierto nivel rebote. Este motor y llanta son ideales para proyectos de robótica móvil como robots seguidores de línea, robots Sumo, Robots Velocistas y Robots de Exploración. (Naylamp Mechatronics, 2010).

En la figura 9-1 se muestra a un motor DC junto a una llanta de goma utilizada en muchos proyectos de robótica.



**Figura 9-1:** Motor DC caja reductora y Llanta de Goma  
**Fuente:** (Naylamp Mechatronics, 2010)

✓ **DATOS TÉCNICOS MOTOR DC**

- Voltaje de Operación: 3v – 6v
- Velocidad Angular nominal: 125 RPM
- Reducción: 48:1
- Consumo máximo de corriente: 150mA
- Diámetro Exterior de Llanta: 65mm
- Diámetro eje de llanta: 6mm
- Peso: 50g

**Tabla 3-1:** Especificaciones técnicas Motor DC

| <b>Voltaje de Operación</b>         | <b>Parámetros</b>                                    | <b>DC 3V</b>       | <b>DC 5V</b> | <b>DC 6V</b> |
|-------------------------------------|--|--------------------|--------------|--------------|
| <b>PARÁMETROS DE CAJA REDUCTORA</b> | <b>Reducción</b>                                     | 48:1               |              |              |
|                                     | <b>Velocidad sin Carga</b>                           | 125 RPM            | 200 RPM      | 230 RPM      |
|                                     | <b>Velocidad con Carga</b>                           | 95 RPM             | 152 RPM      | 175 RPM      |
|                                     | <b>Torque de Salida</b>                              | 0.8 kg.cm          | 1.0 kg.cm    | 1.1 kg.cm    |
|                                     | <b>Velocidad del robot sin carga (metros/minuto)</b> | 25.9               | 41.4         | 47.7         |
|                                     | <b>Corriente</b>                                     | 110 – 130 mA       | 120 – 140 mA | 130 – 150 mA |
|                                     | <b>Diámetro máximo de llanta</b>                     | 6.5 cm             |              |              |
|                                     | <b>Dimensiones</b>                                   | 70mm x 22mm x 18mm |              |              |
|                                     | <b>Peso</b>  | 50 g               |              |              |
|                                     | <b>Ruido</b>   | <65dB              |              |              |

**Realizado por:** Jefferson Frías, 2018

**Fuente:** (Naylamp Mechatronics, 2010)

## 1.4. Sensores

Los datos de entrada y de realimentación de los sistemas de control se introducen mediante unos dispositivos normalmente electrónicos, que se denomina sensores. El sensor traduce la información que le llega del exterior en un impulso eléctrico, normalmente digital, que puede ser analizado y procesado por la unidad de control del sistema. (Cidead, España, 2010).

### 1.4.1. Tipos de sensores

Existen diferentes tipos de sensores, en función del tipo de variable que tengan que medir o detectar:

a. *Sensores de contacto*

Se emplean para detectar el final del recorrido o la posición límite de componentes mecánicos. Los principales son los llamados finales de carrera. Se trata de un interruptor que consta de una pequeña pieza móvil y de una pieza fija que se llama NA, normalmente abierto, o NC normalmente cerrado. (Cidead, España, 2010).



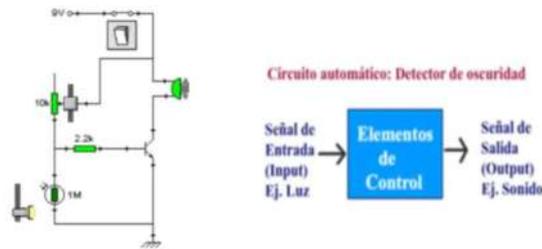
**Figura 10-1:** Sensores de Contacto

Fuente: <http://bit.ly/2FgeRQp>

b. *Sensores ópticos*

Detectan la presencia de una persona o un objeto que interrumpen el haz de luz que le llega al sensor. Los principales sensores ópticos son las fotorresistencias.

Las LDR son muy útiles en robótica para regular el movimiento de los robots y detener el mismo cuando van a tropezar con un obstáculo, también sirven para regular la iluminación de la luz natural. (Cidead, España, 2010).



**Figura 11-1:** Circuito de acoplamiento para sensor óptico

Fuente: <http://bit.ly/2FgeRQp>

c. *Sensores de temperatura*

Los termistores son los principales sensores de temperatura. Se trata de resistencias cuyo valor asciende con la temperatura (termistor PTC) o bien disminuye con la temperatura (termistor NTC). Por lo tanto, depende de la temperatura que el termistor permita o no el paso de la corriente por el circuito de control del sistema. La principal aplicación de los sensores térmicos es, como es lógico, la regulación de sistemas de calefacción y aire acondicionado, además de las alarmas de protección contra incendios. (Cidead, España, 2010).



**Figura 12-1:** Tipos de sensores de temperatura  
**Fuente:** <http://bit.ly/2FgeRQp>

d. *Sensores de humedad*

Se basan en que el agua no es un material aislante como el aire sino que tiene una conductividad eléctrica. Los sensores de humedad se aplican para detectar el nivel de líquido en un depósito, o en sistemas de riego de jardines para detectar cuándo las plantas necesitan riego y cuando nó.

El esquema eléctrico muestra una sonda que detectaría la humedad y gracias a los transistores se amplifica la señal para poner en marcha una bomba de riego. (Cidead, España, 2010).



**Figura 13-1:** Sensor de humedad  
**Fuente:** <http://bit.ly/2FgeRQp>

e. *Sensores magnéticos*

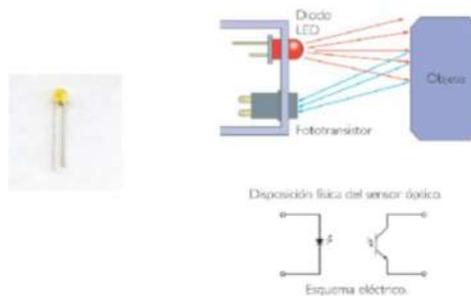
Detecta los campos magnéticos que provocan los imanes o las corrientes eléctricas. El principal es el llamado interruptor Reed; consiste en un par de láminas metálicas de materiales ferromagnéticos metidas en el interior de una cápsula que se atraen en presencia de un campo magnético, cerrando el circuito. (Cidead, España, 2010).



**Figura 14-1:** Sensor magnético  
**Fuente:** <http://bit.ly/2FgeRQp>

f. *Sensores infrarrojos*

Existen diodos capaces de emitir luz infrarroja y transistores sensibles a este tipo de ondas y que por lo tanto detectan las emisiones de los diodos. Esta es la base del funcionamiento de los mandos a distancia; el mando contiene diodos que emiten infrarrojos que son recibidos por los fototransistores del aparato. (Cidead, España, 2010).

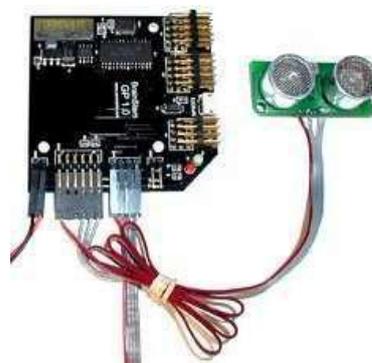


**Figura 15-1:** Sensor infrarrojo

Fuente: <http://bit.ly/2FgeRQp>

g. *Sensores ultrasónicos*

Los medidores ultrasónicos de distancia y sensores de ultrasonidos que se utilizan en los robots son, básicamente, un sistema de sonar. En el módulo de medición, un emisor lanza un tren de pulsos ultrasónicos con una frecuencia en el orden de los 38 a 50Khz y el receptor espera el rebote. Se mide el tiempo entre la emisión y el retorno, lo que da como resultado la distancia entre el emisor y el objeto donde se produjo el rebote. Esta medición se calcula teniendo en cuenta la velocidad del sonido en el aire, que si bien varía según algunos parámetros ambientales, como la presión atmosférica, igualmente permite una medición bastante precisa. (Carletti, 2007).



**Figura 16-1:** Interfaz sensor ultrasónico

Fuente: [http://robots-argentina.com.ar/Sensores\\_ultrasonido.htm](http://robots-argentina.com.ar/Sensores_ultrasonido.htm)

## 1.5. Sistema de comunicación inalámbrica

Se llama comunicación inalámbrica a aquella que se lleva a cabo sin el uso de cables de interconexión entre los participantes. Desde hace relativamente poco tiempo; se está viviendo lo que puede significar una revolución en el uso de las tecnologías de la información tal y como lo conocemos. Esta revolución puede llegar a tener una importancia similar a la que tuvo la adopción de Internet por el gran público.

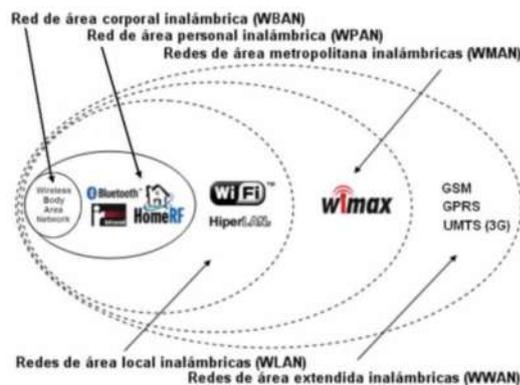
Las Redes Inalámbricas o Wireless Networks, se están introduciendo en el mercado de consumo gracias a unos precios populares y a un conjunto de entusiastas, mayoritariamente particulares, que han visto las enormes posibilidades de esta tecnología.

La revolución de los ordenadores personales y el espectacular desarrollo de Internet están haciendo que la informática sea tan común en la vida diaria como lo es el teléfono. En este entorno, no es de extrañar que esté creciendo el número de soluciones inalámbricas: GSM, UMTS, WiFi, Bluetooth, DECT, GPRS, 3G, LMDS, etc. (Universidad de Sevilla, 2011).

Una red de inalámbrica es un conjunto de ordenadores, o de cualquier otro dispositivo informático, comunicados entre sí mediante soluciones que no requieran el uso de cables de interconexión.

Las comunicaciones inalámbricas pueden clasificarse de distintas formas dependiendo del criterio al que se atienda. En este caso, se clasifican de acuerdo a su alcance, la distancia máxima a que pueden situarse las dos partes de la comunicación inalámbrica.

En la figura 17-1 se puede observar la comparación de alcance que existe entre las diferentes redes inalámbricas disponibles en el medio.



**Figura 17-1:** Tipos de redes inalámbricas.

Fuente: (Universidad de Sevilla, 2011)

### 1.5.1. Tipos de comunicación inalámbrica

Dentro de nuestro mundo globalizado que estamos viviendo hoy en día, la necesidad de comunicarnos ha llegado a ser una de las prioridades en nuestras vidas, por esta razón la transmisión y recepción de la información, se ha convertido en una de las prioridades en muchas investigaciones, dicho esto se han podido visualizar diferentes tipos de comunicación

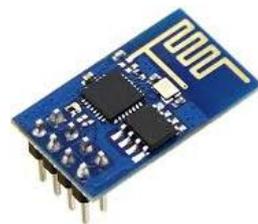
inalámbrica clasificándolos según su tecnología, alcance y usos. A continuación se muestran conceptos de algunas tecnologías utilizadas en el medio.

*a. Wi-Fi*

Una red Wi-Fi es una red de comunicaciones de datos y por lo tanto, permite conectar servidores, PC, impresoras, dispositivos tecnológicos, etc; con la particularidad de alcanzarlo sin necesidad de cableado. Las características generales de funcionamiento de una red WiFi son las mismas que las de una red con cableado. La particularidad es que el Wi-Fi utiliza el aire como medio de transmisión.

De manera “purista” vale a decir que el acrónimo Wi-Fi se utiliza para identificar los productos que incorporan cualquier variando de la tecnología sin hilos de los estándares IEEE 802.11, que permiten la creación de redes de área local sin hilos conocidas como WLAN4, y que son plenamente compatibles con los de cualquier otro fabricante que utilice estos estándares.

Al igual que en la figura 18-1 podemos observar un módulo WiFi para programación en Arduino.

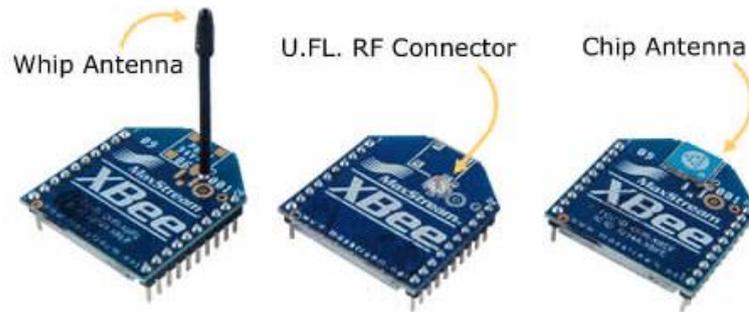


**Figura 18-1:** Módulo WiFi para Arduino  
Fuente: (Prometec, 2015)

*b. Xbee*

De acuerdo a Digi, los módulos Xbee son soluciones integradas que brindan un medio inalámbrico para la interconexión y comunicación entre dispositivos. Estos módulos utilizan el protocolo de red llamado IEEE 802.15.4 para crear redes FAST POINT-TO-MULTIPOINT (punto a multipunto); o para redes PEER-TO-PEER (punto a punto). Fueron diseñados para aplicaciones que requiere de un alto tráfico de datos, baja latencia y una sincronización de comunicación predecible. Por lo que básicamente XBee es propiedad de Digi basado en el protocolo Zigbee. En términos simples, los XBee son módulos inalámbricos fáciles de usar. (Xbee CL, 2015).

A continuación en la siguiente figura 19-1 podemos visualizar los modelos de Xbee, receptor y transmisor utilizados en diferentes aplicaciones electrónicas.

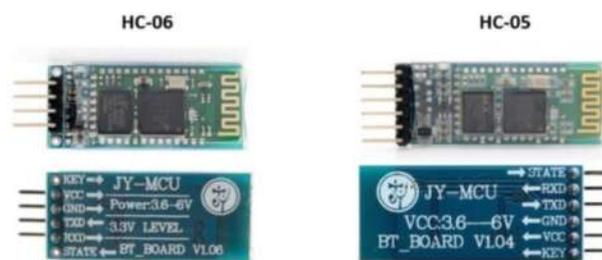


**Figura 19-1:** Módulo XBEE  
Fuente: (Xbee CL, 2015)

c. *Bluetooth*

El Bluetooth es un estándar global para dispositivos con conexión inalámbrica. Originalmente la idea era reemplazar los cables RS-232 por dicha conexión. La tecnología inalámbrica Bluetooth exige un chip para transmitir la señal de radio y un software para viabilizar las conexiones.

El bluetooth utiliza ondas de radio para transmitir datos en cortas distancias, hasta 328 pies o 100 metros, aunque la mayoría de los dispositivos tiene un alcance más limitado, de alrededor 30 pies, debido a la interferencia. La tecnología de Bluetooth transmite en el rango de 2,4 a 2,485 GHz. Es una señal full-duplex de espectro esparcido por salto de frecuencia. (Omega Electronics, 2005). A continuación en la figura 20-1 se muestran los módulos bluetooth usados por Arduino en sus proyectos electrónicos.



**Figura 20-1:** Módulos Bluetooth para Arduino  
Fuente: (DIYMakers, 2014)

## **1.6. Sistema de alimentación para robots**

Una de las partes fundamentales de todo sistema autónomo, es la fuente de alimentación. En este caso la importancia se multiplica, ya que al tratarse de un robot de pequeño tamaño, la fuente de alimentación no puede ser muy voluminosa ni pesada y tiene que suministrar el nivel de tensión y corriente adecuados para los componentes del robot, durante el mayor tiempo posible, que será igual al tiempo de autonomía del robot. (BotyBot, WordPress, 2013).

Para lograr que un robot sea autónomo se debe gestionar de la mejor manera el sistema de alimentación, puede existir el caso de que el robot se quede sin alimentación lo que da como resultado que el robot pare su funcionamiento normal y no realice las operaciones deseadas. Mientras mejor esté gestionando el sistema de alimentación mejor autonomía tendrá el robot. (Chamba Cruz & Jarrín Valencia, 2013, p. 61).

### ***1.6.1. Concepto***

Una batería es un elemento eléctrico que transforma energía química en energía eléctrica y viceversa. A esta transformación se la denomina proceso electroquímico. Se componen de un conjunto de elementos individuales (o celdas) conectados en serie, cada uno de los cuales tiene, si está cargado, un voltaje nominal, que oscila entre 1,2 y 3,6 V. (Carletti, 2010).

### ***1.6.2. Tipos de baterías***

Para todo circuito eléctrico y/o electrónico es imprescindible el uso baterías como fuente de alimentación para su funcionamiento. Hoy en día existen gran infinidad de baterías de acuerdo al uso que se le vaya aplicar gracias a la tecnología, las mismas que se detallan a continuación.

a) *Baterías de plomo-ácido*

Las baterías plomo-ácido como las que se utilizan en los autos, poseen seis celdas con un voltaje nominal de 2,1 V cada una. Cuando están cargadas, las celdas están formadas por electrodos de plomo metálico (Pb) y óxido de plomo ( $PbO_2$ ) sumergidos en un electrolito de alrededor de 37% de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) disuelto en agua. (Carletti, 2010). En la figura 21-1 se muestra un modelo de batería de Plomo – Ácido.



**Figura 21-1:** Batería de Plomo - Ácido  
Fuente: (Carletti, 2010)

b) *Baterías de gel*

Una batería de gel es una batería de plomo-ácido con un electrolito gelificado. Las celdas de una batería de gel están selladas, lo que hace que la batería no tenga problemas con su orientación física, como pasa con las baterías normales de plomo-ácido, que deben colocarse en una única posición para que no se vuelque el líquido del electrolito. Se debe tener un cuidado especial al cargar baterías selladas, porque el proceso de carga puede desprender gases. Esto quiere decir que en lugar de cargarla con un voltaje constante uno debe comenzar con una corriente constante si la batería está descargada, y solo en la última parte de la carga, cuando la resistencia interna alcanza un determinado valor, se pasa al método de voltaje constante, hasta que la batería alcanza su voltaje definido de 13,6 V. (Carletti, 2010). En la figura 22-1 se muestra un tipo de Batería de Gel.



**Figura 22-1:** Batería de Gel  
Fuente: (Carletti, 2010)

c) *Baterías de níquel-cadmio (ni-cd)*

Una batería recargable de Ni-CD está formada por una placa positiva de hidróxido de níquel y una placa negativa de hidróxido de cadmio. Ambas placas están separadas por un electrolito, compuesto por una solución acuosa de potasio cáustico, contenida dentro de un tejido poroso.

La tensión de una batería medida en voltios (V), sin circulación de corriente, es diferente a la que se obtiene cuando ésta es sometida a un consumo, es decir, cuando se toma la medición en una situación de trabajo. Para el caso de un elemento recargable de Ni-Cd la tensión entre los bornes sin carga conectada tiene un valor de alrededor de 1,45 V. Pero con una carga que consume energía esta tensión disminuye a un valor de aproximadamente 1,25 V. (Carletti, 2010). En la figura 23-1 podemos apreciar las Batería de Níquel Cadmio que actualmente se comercializan.



**Figura 23-1:** Batería de Níquel Cadmio  
Fuente: (Carletti, 2010)

d) *Batería de níquel e hidruro metálico (ni / mh)*

Una batería de níquel e hidruro metálico (Ni/MH) es un tipo de batería recargable similar a una de níquel-cadmio (Ni-Cd) pero que no contiene cadmio, un metal caro y dañino para el medio ambiente. En la figura 24-1 se muestra las baterías de Níquel e Hidruro Metálico.

Las baterías de níquel e hidruro metálico tienden a tener una mayor capacidad que las Ni-Cd y sufren bastante menos el efecto memoria; Las baterías de níquel e hidruro metálico son más amigables con el medio ambiente. Pueden almacenar un 30% más de energía que una d Ni-Cd equivalente y por tanto, la carga dura más tiempo. (Carletti, 2010).



**Figura 24-1:** Batería de Níquel e Hidruro Metálico  
Fuente: (Carletti, 2010)

e) *Batería de iones de litio (li-ion)*

Las baterías de Li-Ion poseen una elevada densidad de energía, acumulando una carga mayor por unidad de volumen. Por esta razón tiene menor peso en relación a baterías de otro tipo de la misma capacidad. Presentan un alto voltaje por celda, cada unidad proporciona 3,6 voltios, lo mismo que tres celdas de Ni-Cd (1,2 V cada una). Carecen de efecto memoria. Su descarga es lineal, es decir, que durante la descarga el voltaje de la batería apenas varía, lo que evita la necesidad de circuitos reguladores. (Carletti, 2010).



**Figura 25-1:** Batería de Iones de Litio  
Fuente: (Carletti, 2010)

f) *Baterías Lipo*

Las baterías de Polímero Litio (Lipo) son la opción más avanzada para alimentar nuestros proyectos. Las baterías LiPo se presentan en varios voltajes, en función del número de celdas. Así las LiPo de 2 celdas (2S) proporcionan 7.4V – 8.4, y las de 3 celdas (3S) proporcionan 11.1 – 12.6 V. Ambos voltajes son adecuados para alimentar un Arduino y los Motores DC.

Además, las baterías LiPo tienen la ventaja de proporcionar enormes intensidades. Es posible encontrar baterías 20-25C, lo que se traduce en intensidades de descargar de 50 a 100<sup>a</sup>, requerida por los motores más grandes. La carga de este tipo de baterías tiene que realizarse mediante cargadores especiales, y no deberían dejarse sin supervisión durante el proceso. Hasta el almacenamiento de estas baterías debe realizarse en condiciones controladas. (Llamas, 2015)



**Figura 26-1:** Batería Lipo  
**Fuente:** (TdRobótica, 2015)

### 1.6.3. Capacidad de la batería

La capacidad de la batería es otro parámetro importante, ya que está directamente relacionada con las horas que va a durarnos la batería antes de que la tengamos que volver a cargar. Aunque en realidad para nuestros robots este parámetro tampoco es muy decisivo, ya que las pruebas que tienen que realizar durarán unos pocos minutos. En cambio, donde sí es importante este parámetro es en las aplicaciones de aeromodelismo, ya que de él dependerá directamente la autonomía de vuelo en los drones.

La capacidad de una batería se suele expresar en mAh (mili Amperio Hora). Por ejemplo, una batería de 1000mAh, que es un valor muy habitual, podrá proporcionar una intensidad de 1000mA durante una hora antes de agotarse. Por supuesto si el consumo es menor, la batería durará más tiempo. La misma batería de antes conectada a un circuito que consuma 500mA durará 2 horas, mientras que si el circuito consume 100mA durara hasta 10 horas. Por el contrario, si el circuito consume más, por ejemplo 2000mA, la batería durará tan solo media hora.

Por tanto queda claro que la duración de una batería depende de dos cosas:

- **La Capacidad** de la batería (expresada en mAh).
- **El Consumo** del circuito que alimenta la batería.

Podemos calcular la duración de una batería de una determinada capacidad, si conocemos el consumo del circuito que va alimentar, mediante la siguiente ecuación: (Suñer de Alzira, 2013)

$$\text{Duración de la batería} = \frac{\text{Capacidad de la batería (mAh)}}{\text{Consumo del circuito (mA)}}$$

**Ecuación 1-1:** Duración de la Batería LiPo

**Fuente:** (Suñer de Alzira, 2013)

## 1.7. Robótica y Monitoreo en tiempo real

El monitoreo de variables potencialmente peligrosas para el ser humano como la radiación, corrosión, alta humedad o temperaturas superiores a los 70°C, proveen la necesidad de contar con sistemas de monitoreo de alguna de estas u otras variables, en zonas de difícil acceso o que impliquen un riesgo para el personal encargado de realizar la medición. Actualmente, implantar sistemas de monitoreo sobre robots móviles ofrece la versatilidad de navegar sobre ambientes de interés con cierta autonomía. Debido a esto, en las últimas dos décadas muchos investigadores se han concentrado en la realización de estrategias y técnicas de control para solucionar el problema de la navegación en entornos no estructurados o parcialmente estructurados [Floreano et al., 2000], pues es el ambiente real al que se enfrentan. Muchas de estas técnicas se basan en el control de navegación utilizando algoritmos genéticos [Lee and Cho, 2001], lógica difusa [Brausting and Sans, 1995] o el uso de redes neuronales artificiales [Sugihara et al., 2001]. (Benítez Read, et al., 2007).



**Figura 27-1:** Robot para monitoreo interno de edificio

Fuente: <http://bit.ly/2I36CJg>

La seguridad física incluye cámaras de vigilancia y sistemas de alarmas, así como guardias. Los guardias de turno pueden patrullar la instalación como medio de vigilancia del recinto, mientras que las cámaras ofrecen un monitoreo constante de las instalaciones internas, y a menudo externas. El monitoreo externo puede incluir cámaras en estacionamientos o protectores de casetas, con guardias de turno de 24 horas al día. La supervisión interna a menudo incluye cámaras, y también puede incluir sistemas de alarma integrados, tales como detectores de incendio y monóxido de carbono. (Techlandia, 2007).

## 1.8. Sistema de transmisión de imágenes con cámara inalámbrica

Una cámara IP son videocámaras especiales diseñadas para envía señales (video y en algunos casos audio) a través de Internet desde un explorador (Internet Explorer, Mozilla Firefox, etc) o a través de concentrador (un HUB, o un SWITCH) en una Red Local LAN. En las cámaras IP pueden integrarse aplicaciones como detención de presencia, grabación de imágenes o secuencias en equipos informáticos. (Domodesk, 2015).



**Figura 28-1:** Cámara Inalámbrica IP

Fuente: <http://bit.ly/2FjzvSS>

Dispositivo diseñado para vigilancia y monitoreo de distintas áreas, así como grabar audio e incluso sacar fotografía. Tiene la ventaja de poder ser controlada de manera remota y transmitir por medio de Internet en tiempo real, hacia el dispositivo desde dónde es requerido visualizar las imágenes. (Chamba Cruz & Jarrín Valencia, 2013, p. 66)

### 1.8.1. Funcionamiento

Las cámaras IP permiten ver en tiempo real las acciones que sucedan en algún lugar sin importar la distancia, existen cámaras de video cuya calidad de imagen e muy alta, las cámaras IP no necesitan estar conectadas a un ordenador para funcional, poseen su propia IP lo que le permite conectar a una red como cualquier dispositivo. (Chamba Cruz & Jarrín Valencia, 2013, p. 67).

### 1.8.2. Epoc Cam - Software

La cámara fotográfica de los smartphones tiene una gran cantidad de recursos, siendo uno de ellos la posibilidad de actuar como una webcam, o cámara para videoconferencias en el ordenador. Sin embargo, para ello es necesario instalar una aplicación como EpocCam. De esta manera, es posible realizar video llamadas (imágenes en tiempo real, monitoreo) a través de un ordenador que no posea webcam, o simplemente poder llevar este recurso a cualquier parte en el bolsillo.

Un punto a favor de esta aplicación es que permite imágenes de bastante calidad, hasta 720 x 480 pixeles de resolución, aunque ello requiere una buena conexión a WLAN a través del ordenador. Los únicos requisitos son instalar los drivers o controladores en un ordenador con SO Windows y conectar el móvil a la red.(tuexperto.com, 2012)



**Figura 29-1:** Proceso de Conexión PC – EpocCam – Cámara Celular  
Fuente: (Akiko, 2012)

## 1.9. Realidad virtual y Realidad aumentada

En la actualidad vivimos en un mundo totalmente tecnológico, donde es posible representar el mundo real en un mundo virtual con características similares. El modelado y la animación por computadora nos permiten representar la realidad con resultado extraordinarios, a los cuales se les puede aplicar las leyes de la física de movimiento y transformación (Ayala Lliquín & Urgiles Rodríguez, 2017, p. 7).

Cuando se habla de realidad aumentada lo que se intenta es perfeccionar la realidad, agregar cosas a la misma a través de nuestros sentidos. Superponer otras realidades artificiales que se combinen con la realidad para ofrecer un mejor trato con la misma (Vix, 2016).

La realidad aumentada es la visión de un entorno físico real de forma directa o indirecta, pero combinado con elementos virtuales. Pokémon GO, por ejemplo, es un claro ejemplo de realidad aumentada indirecta. Indirecta porque debemos usar el teléfono y su cámara para poder usarla. Las Google Glass, o lo que antaño fueron, son también realidad aumentada pero en este caso de forma directa (Omicrono, 2016).

Por otra parte la realidad virtual intenta sustituir la realidad a través de dispositivos que nos permitan “sentir” que nos encontramos en otro lugar, sumergirnos en una realidad que no existe, transportarnos a una realidad construida, una realidad virtual (Vix, 2016).

La realidad virtual es justamente lo que se nombre: virtual. La apariencia puede ser tan real que lleguemos a confundirnos, pero no es más que gráficos procesados en un ordenador. Debemos usar gafas o casco para hacer uso de ella sí o sí, no tenemos opción (Omicrono, 2016). Es claro que ambas tecnologías comparten muchos puntos en común pero su objetivo es bien diferente (Vix, 2016).

Con esto, podemos concluir que la realidad aumentada es algo así como una visión vitaminada de la vida misma. En cambio la realidad aumentada se dirige hacia el sector de los videojuegos, del turismo, el arte, la arquitectura y la medicina, entre otros, por supuesto (Omicrono, 2016).

### ***1.9.1. Características fundamentales***

#### ***a. Aumento***

Proporcionar una experiencia ampliada mediante estímulos sensoriales dirigidos a sentidos específicos: vista, oído y tacto; para lo cual cada sistema obtiene y procesa la información de manera diferente, así que cada sistema puede elegir la forma en que se aumenta la realidad.

*b. Portabilidad*

El avance de la tecnología ha permitido la generación de componentes electrónicos cada vez más reducidos y con capacidad de duración más larga, el empleo de la realidad aumentada.

*c. Reconocimiento*

Es necesario que el sistema tenga la información necesaria a presentarse mediante el uso de tecnologías de seguimiento mecánico, acústico y de visión para este fin.

*d. Visualización*

Los sistemas basados en monitores, donde las imágenes reales se combinan con componentes virtuales en una misma pantalla (Ayala Lliquín & Urgiles Rodríguez, 2017, p. 10).

**1.9.2. Elementos que componen un sistema de realidad aumentada**

La combinación del mundo real y virtual, enriquece la experiencia visual; mejorando las técnicas de aprendizaje y para ello son necesarios los componentes mencionados a continuación:

- Elemento captura (Cámara): que capte las diferentes imágenes del entorno, cuya funcionalidad primordial es transmitir información de la realidad a la aplicación de RA e integrar estos dos mundos.
- Elemento de procesamiento: descifra la información de la realidad captada por la cámara y la sobrepone sobre el mundo virtual, combinándolos armónicamente.
- Marcador: el elemento donde se reproducen las imágenes que fueron formadas por el procesador y las cuales se visualizan en la pantalla. Estos pueden estar plasmados en papel o pueden ser objetos del mundo real reconocido por el software, los cuales conducen a la experiencia de RA.
- Elemento activador: componente mediante el cual activa el dispositivo móvil simultáneamente con la RA, debido a que se utilizan elementos como el GPS (Ayala Lliquín & Urgiles Rodríguez, 2017, p. 11).



**Figura 30-1:** Elementos de Realidad Aumentada  
**Fuente:** (VLR, 2016)

Los elementos mencionados deben conjugarse para dar lugar a la RA, lo cual ha aprovechado el sector tecnológico y ha colocado estos componentes en dispositivos de uso común como lo son los Smartphone, para disfrutar de la realidad virtual en su máxima expresión (Ayala Lliquín & Urgiles Rodríguez, 2017, p. 11).

### ***1.9.3. Tipos de tecnologías aplicadas en realidad aumentada***

La Realidad Aumentada se ha aplicado de forma experimental durante las dos últimas décadas en entornos académicos, quedando patente esta tecnología constituye una valiosa herramienta para mejorar la comprensión de la realidad tangible, optimizando los aprendizajes y reforzando la motivación del alumnado. A pesar de ello, la implementación de la Realidad Aumentada como herramienta de trabajo en el aula constituye un reto.

Actualmente, la tecnología que permite que la Realidad Aumentada sea posible es mucho más potente y compacta que nunca. El auge de los dispositivos móviles, el considerable aumento de la oferta de aplicaciones de Realidad Aumentada y la evolución hacia una tecnología más simple y práctica para el usuario, permiten vislumbrar un gran cambio en nuestra forma de acceder a la información y la posibilidad de proporcionar ricas experiencias de aprendizaje. (Junta de Andalucía, Colabora Educación, 2015).

#### ***a. Reconocimiento por marcadores***

Es un código impreso en papel que permite ubicar el modelo tridimensional en la realidad aumentada; los marcadores son recibidos por la cámara del dispositivo, con esto es posible

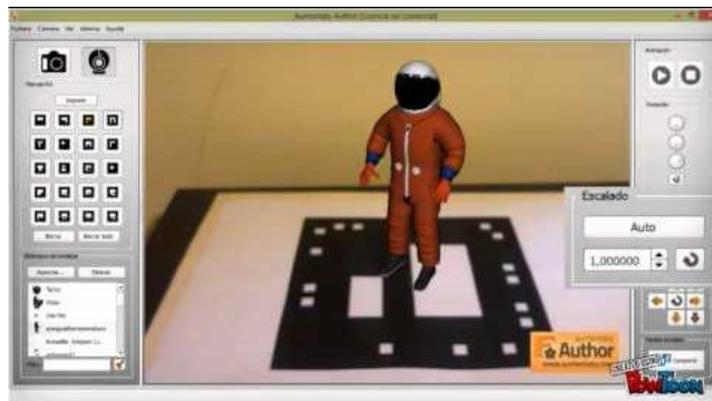
obtener la posición del escenario para la colocación de la imagen en dicha posición; la visualización de estos objetos depende del cálculo de posición a través del análisis de la distancia del marcador y el dispositivo conjuntamente con el ángulo que forme la cámara respecto al marcador.



**Figura 31-1:** Código QR  
Fuente: (VLR, 2016)

El proceso de reconocimiento de la RA basada en marcadores se compone de:

- Diseño del marcador
- Inicialización de la cámara web
- Colocar el marcador frente a la cámara
- El aplicativo reconoce el marcador y la imagen en 2D o 3D se superpone.



**Figura 32-1:** Entorno Gráfico de Trabajo Aumentaty Author  
Fuente: (Rodríguez, 2014)

Los códigos QR están enmarcados dentro de este grupo, estos contiene un mensaje el cual es leído por el lector instalado en el teléfono; pero solo pueden ser reconocidos por la aplicación para la que fue diseñado (Ayala Lliquín & Urgiles Rodríguez, 2017, p. 12)



**Figura 33-1:** Escaneo de código QR  
Fuente: (Daniel, 2015)

*b. Reconocimiento basa en Geo localización*

El dispositivo envía coordenadas de geo localización del lugar e incluye información sobre la ubicación u orientación geográfica, estos sistemas son capaces de reconocer la orientación de dispositivo: brújula digital, acelerómetros, GPS, etc.

Las aplicaciones de navegadores de realidad aumentada, han sido desarrolladas desde el año 2009; para Smartphone o teléfonos inteligentes en los cuales se hace posible la localización de puntos de interés (POIs) y la superposición de información relevante sobre los mismos (Ayala Lliquín & Urgiles Rodríguez, 2017, p. 13).



**Figura 34-1:** Reconocimiento Realidad Aumentada mediante Geo localización  
Fuente: (Martínez Campoblanco, 2013)

*c. Reconocimiento basado en gafas*

Constituye la integración de los elementos de la RA de una forma transparente para el usuario; permitiéndolo interactuar de manera directa con el entorno virtual; para ello el usuario debe poseer las gafas las que llevan al usuario a una experiencia inmersiva, donde la realidad aumentada abarca todo el campo visual, lo que proporciona experiencias diversas; estas aplicaciones están enfocadas al entrenamiento, la medicina entre muchas posibilidades.



**Figura 35-1:** Reconocimiento Realidad Aumentada basado en gafas  
**Fuente:** (Hanson, 2017)

#### *1.9.4. Aplicaciones de realidad aumentada*

Los sentidos humanos captan el mundo físico dentro de un contexto virtual, donde la información sensorial se convierte en una experiencia multidimensional y multicontextual que muestra su versatilidad en las diversas áreas de la comprensión humana.

##### *a. Medicina*

En lo que respecta a la medicina el campo de la cirugía, permite la superposición de datos visuales como termografía o la línea de delimitación de un tumor que es imperceptible a la visión humana, disminuyendo los impactos negativos que podrían producirse durante el proceso operatorio.

##### *b. Educación*

En la actualidad el área educativa ha sido la que más ha explotado la realidad aumentada, ya sea en museos, parques, exhibiciones, libros educativos.

- *Libros con modelos 3D*

Aplicaciones que le permiten al estudiante interactuar con sus libros, mediante el escaneo de códigos QR o imágenes impresos en las páginas de dichos libros, que despliegan información adicional sobre el tema que se está tratando.

- Libro con modelado 3D de AR
- LearnAR
- Realitat3
- BigBang



**Figura 36-1:** Libro de realidad virtual

Fuente: <http://canaltic.com/blog/wp-content/uploads/2014/01/ar007.jpg>

- Simulaciones

En las fases iniciales del aprendizaje son necesarias algunas prestaciones como la facilidad en operaciones, disponibilidad de materiales, seguridad en cada práctica y disminución de costos durante el proceso de aprendizaje por ensayo y error.

Así estas simulaciones ayudan en temas de seguridad, garantizando la integridad de la persona en ensayos como la extinción de incendios, soldadura con electrodo revestido o simplemente en la cocción de un filete.

- Traductores en tiempo real

La traducción de texto en cualquier imagen del entorno real de la aplicación Word Lens, es un ejemplo bastante práctico de la RA; donde la aplicación móvil instalada en una cámara o/y Tablet capta mediante la cámara, reconoce el texto traduciéndolo al idioma seleccionado y muestra la imagen donde ha sustituido el texto original por su traducción.



**Figura 37-1:** Traductores Realidad Aumentada en tiempo real

Fuente: (Google Corp, 2015)

c. *Publicidad*

La publicidad puede verse maximizada para cada una de las campañas donde se emplea este mecanismo para llamar la atención de los compradores, ofreciendo soluciones para todo tipo de sectores: marketing, campañas que ofrecen entretenimiento y aplicaciones útiles para el usuario; catálogos de productos que mejora la imagen corporativa de cada negocio ya que los catálogos se mantienen siempre actualizados; simulación, mejorando la experiencia la hora de conocer los productos y objetos interactuando con ellos (Ayala Lliquín & Urgiles Rodríguez, 2017, p. 17).



**Figura 38-1:** Publicidad en Realidad Aumentada  
Fuente: (Soto, 2015)

**1.9.5. Realidad virtual vs realidad aumentada**

Los términos de la realidad virtual son muy similares a los conceptos de realidad aumentada, pero se debe tener en consideración que la realidad aumentada es una combinación del mundo real con información virtual; mientras que la realidad virtual integra al usuario en un mundo simulado creado con anterioridad. Dado que la realidad aumentada surgió en base a la realidad virtual, se considera la RA como una combinación de lo real con lo virtual (Pérez, 2017).

**Tabla 4-1:** Realidad aumentada vs Realidad virtual

| <b>REALIDAD AUMENTADA</b>  | <b>REALIDAD VIRTUAL</b>   |
|--|---|
| Consiste en suponer imágenes al mundo real por medio de nuestros sentidos.   | Sustituye a la realidad física por un mundo simulado.                                 |
| Se utilizan medios de captura de imágenes.   | Se utilizan dispositivos como gafas especiales.                                       |
| Agrega información adicional sobre objetos al mundo real.  | Se desarrollan mundos que reemplacen al mundo real.                                   |
| Permite la interacción del usuario con el mundo real y con objetos virtuales y lo mantiene en contacto con dicha realidad. | Permite la interacción tridimensional del usuario en un ambiente informático virtual. |

**Realizado por:** Jefferson Frías, 2018

**Fuente:** (Ayala Lliquín & Urgiles Rodríguez, 2017, p. 18)

### ***1.9.6. Herramientas para la implementación de aplicaciones de realidad aumentada***

Dentro del análisis en el internet, se han podido localizar muchas aplicaciones útiles para el desarrollo de Realidad Aumentada, y esas son las siguientes:

#### *a. ARtoolKitPlus*

Librería GNU GPL que permite la creación de aplicaciones de realidad aumentada, desarrollado originalmente por Hirokazu Kato en 1999 y fue publicado por el HIT Lab de la Universidad de Washington. Actualmente se mantiene como un proyecto código abierto alojado en SourceForge con licencias comerciales disponibles en ARToolWorks.

#### *b. Layar*

Layar es un navegador de RA, desarrollado para Android e iOS. Tiene licencia privativa por lo que no dispone de acceso al código fuente. El funcionamiento del software se basa en el geo posicionamiento y no en el reconocimiento de marcas. Está basado en un sistema de capas que funcionan sobre el navegador de realidad y que pueden ser mostradas o no a elección del usuario.

#### *c. Mixare*

Mixare es un framework de código abierto para RA, publicada bajo licencia GPLv3.3. Mixara está disponible está disponible para sistema Android y para iPhone. Este framework permite construir aplicaciones completas y proporciona funciones para asociar coordenadas especiales y texto. Es decir, su funcionalidad se resume a permitir asociar texto a localizaciones mediante posicionamiento GPS y acceso a datos por conexión de red. Las visualizaciones de Mixare están limitadas a cajas de texto e imágenes 2D.

#### *d. NyARToolkit*

NyARToolKit es un SDK de código abierto para el desarrollo de aplicaciones de RA basadas en el reconocimiento de marcadores. Se trata de un framework multiplataforma disponible para Android, Java, C#, AS3, C++ y Processing. Utiliza marcadores del tipo ARToolKit, y dispone de soporte para diferentes formatos 3D (.mqo, .md2, .obj) mediante el uso de la librería min3D.

e. *Vuforia*

Vuforia es una plataforma de desarrollo de aplicaciones de RA para Android e iOS desarrollada por el departamento de I+D de la empresa Qualcomm en Austria. Esta plataforma fue publicada en 2010 y por ejm en el último año se han desarrollado más de 1000 aplicaciones con ella. Grandes marcas comerciales han utilizado esta plataforma para las campañas publicitarias de sus productos. Una de las principales ventajas de esta, es que se basa en el reconocimiento de marcas naturales, incluyendo objetos 3D y que existe una extensión para Unity 3D que permite crear escenas virtuales con animaciones y muy completas. La plataforma se presenta en código abierto aunque su uso con Unity 3D requiere de la adquisición de la licencia de esta.

f. *Metaio*

Metaio Mobile SDK es una plataforma de desarrollo de aplicaciones de RA para dispositivos Android e iOS creada por la empresa Metaio en Alemania. LA empresa dispone de más de 10 años de experiencia en el desarrollo de esta tecnología y posee otras formas plataformas de desarrollo para PC y Web. Las aplicaciones se basan en el reconocimiento de marcas naturales e integra la gravedad en los módulos de reconocimiento para añadir precisión (Serrano, 2012, p. 66).

**1.9.7. *Aumentaty Author***

Cuando se mezcla la virtualidad con el mundo real, el resultado es un ambiente donde la interacción de la información digital con las formas y los espacios físicos, nos brinda posibilidades nuevas de comunicación y generación de contenido como la realidad aumentada. Aumentaty Author es una aplicación diseñada para los sistemas operativos de Microsoft y Apple que permite importar cualquier tipo de modelo en 3D, para luego asociarlo con una serie de patrones de referencia impresos sobre papel. De esta manera se crean escenas con las que se puede interactuar mediante el uso de un software de visualización especial y una webcam.



**Figura 39-1:** Software de Realidad Aumentada Aumentaty Author  
**Fuente:** <http://author.aumentaty.com/>

Esta técnica conocida también como Marker AR, es la más sencilla de utilizar para trabajar con fotos, videos y animaciones. Aunque la calidad visual no es tan detallada es una tecnología estable y no requiere mayor capacidad técnica. La incorporación de realidad aumentada en el aula, le ofrece a la educación una oportunidad más atractiva para que los alumnos experimenten y se apropien de la información de una forma dinámica.

Desarrollar material digital e interactivo con Aumentaty Author es rápido y no exige conocimientos de programación, además existen sitios gratuitos con montones de modelos en 3D listos para descargar (Correa, 2013).

#### **1.9.8. Sketch Up – Herramienta de diseño 3D**

Google SketchUp es un programa de diseño 3D muy fácil de usar que permite crear, compartir y presentar modelos 3D.



**Figura 40-1:** Software de Diseño tridimensional SketchUp  
**Fuente:** <https://www.sketchup.com/es>

La potencialidad de este software se incrementa con los plug-in (complementos) que se pueden descargar e instalar.

##### **a. Requerimientos de so**

- Sistema Operativo: Windows XP, Vista y 7, Mac OS X
- Computadora con procesador de 1Ghz, 512MB de memoria RAM, 300MB de espacio disponible en el disco duro, tarjeta de video 3D con 128MB de memoria o superior. DirectX 8.1 en adelante.
- Para utilizarlo en sistemas operativos Linux se debe usar WINE:

- No requiere registro y el programa es gratuito.

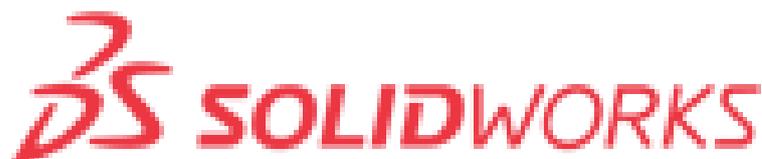
b. *Construcción de modelos 3d*

La construcción de modelos en 3D pueden ser utilizados para:

- Estudiar figuras y cuerpos geométricos.
- Potenciar la creación y geo localización de construcciones en diversas regiones geográficas y culturales, mediante la interacción con Google Earth.
- Permitir al alumno desarrollar su creatividad y sus potencialidades creativas, por medio de la exploración lúdica de entornos 3D.
- Ayuda al desarrollo de modelos 3D para su uso en aplicaciones de Realidad Aumentada y su compatibilidad con otros software para el desarrollo de esta tecnología (Ministerio de Educación Argentina, 2015, p. 30).

### 1.10. Software de diseño estructural 3d – Solid Works

El software CAD SolidWorks es una aplicación de automatización de diseño mecánico que les permite a los diseñadores croquizar ideas con rapidez, experimentar con operaciones y cotas, y producir modelos y dibujos detallados.



**Figura 41-1:** Software de diseño estructural Solid Works

Fuente: <http://www.solidworks.es/>

Solid Works emplea un procedimiento de diseño en 3D. Al diseñar una pieza, desde el croquis inicial hasta el resultado final, está creando un modelo en 3D. A partir de este modelo, puede crear dibujos en 2D o componentes de relaciones de posición que consten de piezas o sub ensamblajes para crear ensamblajes en 3D. También puede crear dibujos en 2D a partir de los ensambles en 3D. (Dassault Systems, 2015).

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

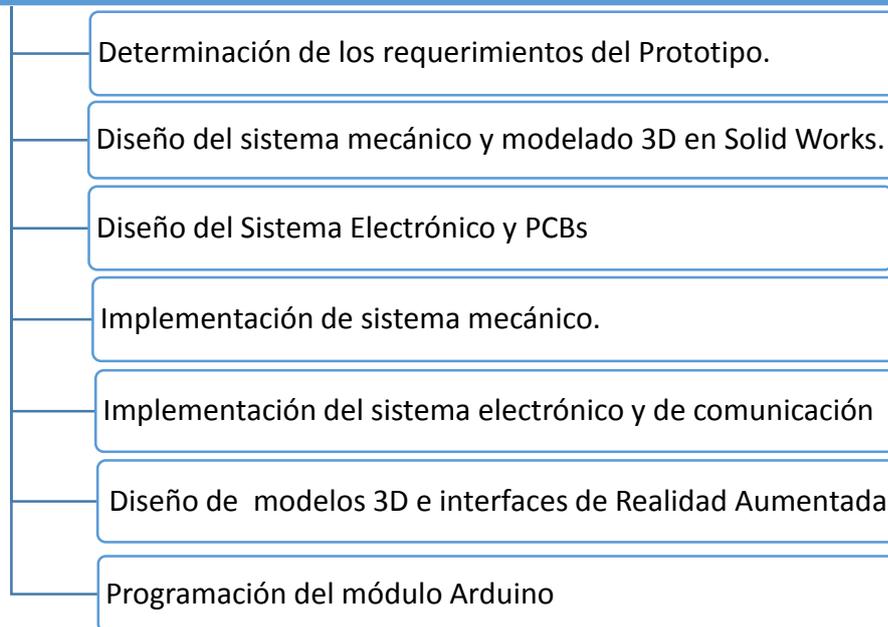
#### 2.1. Introducción

En este apartado se detalla el diseño de software y hardware del prototipo realizado para el Monitoreo del Edificio de la Fie en tiempo real Utilizando Realidad Aumentada. Se especifica toda la parte técnica incluido los requerimientos técnicos que debe cumplir y se realiza el diseño en bloques de cada uno de sus módulos. Se analiza y justifica la selección de compones, sensores y actuadores que lo conforman. Al final se muestra un esquema modular del sistema planteado.

El alcance de la investigación pretende crear un mini robot controlado remotamente utilizado para monitoreo en edificaciones con ambientes de oficina que utilice tecnología de Realidad Aumenta para la visión más interactiva y de información.

Para la construcción del Robot Móvil, se siguió una serie de pasos secuenciales necesarios, el estudio para poder selección el mejor modelo y la propuesta. A continuación en el gráfico 1-2 se muestra las etapas tomadas en cuenta para la implementación del prototipo robot móvil.

## ETAPAS DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL ROBOT MOVIL APLICANDO REALIDAD AUMENTADA



**Gráfico 1-2:** Etapas de diseño e implementación del prototipo  
Fuente: Frías Jefferson, 2018

### 2.2. Determinación de los requerimientos del prototipo

Tomando como punto de partida el estudio realizado en el capítulo anterior, se pueden definir los requerimientos de diseño que debe satisfacer el prototipo:

- **ECONÓMICO:** El prototipo debe ser de bajo costo, de fácil instalación, interacción y manipulación para el personal que va utilizar el modelo.
- **INSTRUMENTACIÓN:** Las lecturas de los sensores deben ser correctas y precisas.
- **COMUNICACIÓN:** Se debe dividir en 2 partes:
  - La conectividad de la cámara inalámbrica (transmisor) y el computador (receptor) donde llegarán las imágenes para aplicación de Realidad Aumentada; la conectividad entre el mando de control inalámbrico (transmisor) y el bluetooth del robot móvil (receptor); deben estar óptimas condiciones para realizar un intervención a tiempo real y en el menor tiempo posible.
- **ALERTAS:** Emitir alertas sonoras en caso que el prototipo detecte obstáculos y/o fallos en la comunicación al operador del robot.

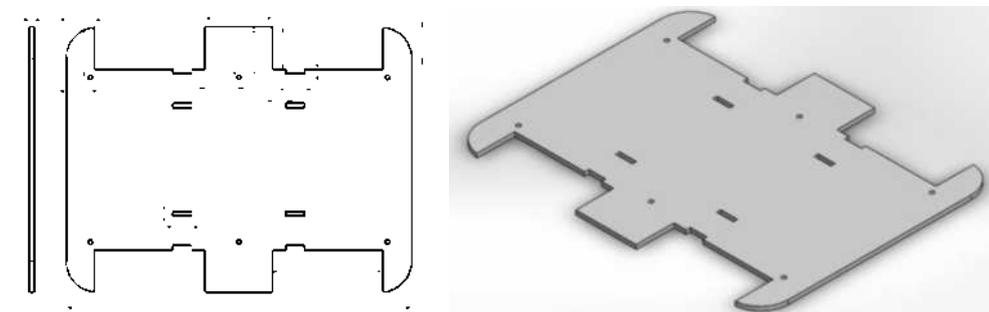
### 2.3. Diseño del sistema mecánico y modelado 3D en Solid Works

Tomando en consideración criterios de optimización de recursos dentro de la ingeniería, así mismo de experiencias en los diferentes concursos de robótica asistidos; para cumplir los objetivos del robot móvil es esencial realizar un modelo en 3D para dar la forma, modelar las áreas y medidas, elegir la tecnología y materiales de fabricación que faciliten el buen trabajo de del robot móvil.

La estructura mecánica se conoce como la parte principal de un robot, el mismo que soporta todos los elementos motores, baterías, módulos electrónicos y demás dispositivos; por esta razón es necesario establecer cómo va estar estructurado el prototipo, para esta actividad se utilizará el software de diseño 3D Solid Works. Todas las piezas bases y soportes están hechas con acrílico de 3mm (3 líneas) como recomendación general.

#### 2.3.1. Pieza base 1

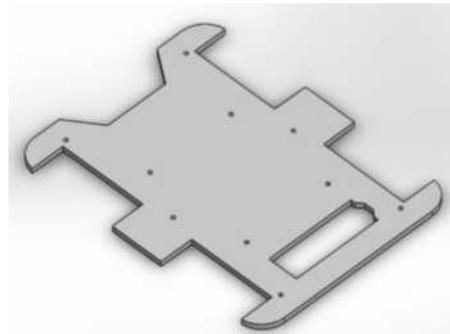
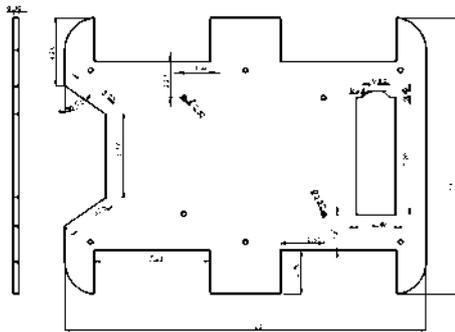
Sobre la base 1 se ubicarán los cuatro motores DC junto a sus respectivos soportes, 1 batería LiPo de 11.1v a 2,650 mA finalmente tenemos el soporte para el sensor de distancia ultrasónico, el tamaño total de la pieza tiene 22cm de largo por 17 cm de ancho, su forma es rectangular irregular, debido a que en esas aberturas irán colocadas las llantas de goma y los soportes para los motores. A continuación en la figura 1-2 se presenta el diseño 3D de la base 1 del prototipo.



**Figura 1-2:** Cotas de la Pieza Base 1  
Fuente: Frías Jefferson, 2018

### 2.3.2. Pieza base 2

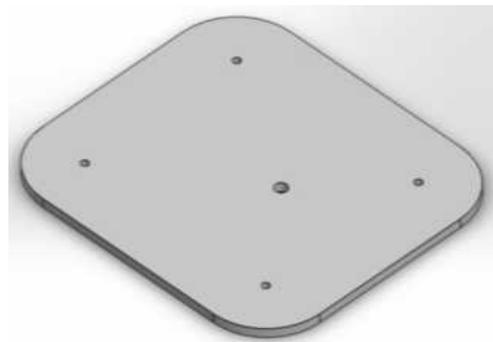
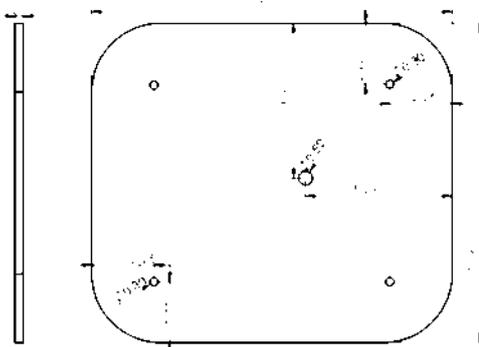
Sobre la base 2 se ubicarán en forma simétrica los circuitos electrónicos Placa Principal, placa controladora de motores (Puente H – L293D), 1 speaker, el circuito cargador de celular, 1 LCD y 1 GPS. Existe una abertura para 1 LCD, el cual mostrara la información que recepte el GPS para su ubicación en tiempo real. La pieza total mide 22cm de largo por 17 cm de ancho tal y como lo muestran la figura 2-2.



**Figura 2-2:** Cotas de la Pieza Base 2  
Fuente: Frías Jefferson 2018

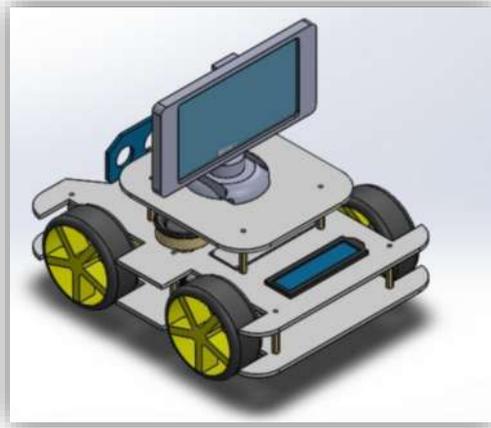
### 2.3.3. Pieza base 3

La pieza 3 que mide 13cm de largo y 11.9cm de ancho se la realizó para que pueda alojar la cámara que se va ser utilizada para el sistema total. Como puede observar la base consta de 3 niveles los mismo que ha sido sujetos mediante



**Figura 3-2:** Cotas de la Pieza Base 3  
Fuente: Frías Jefferson 2018





**Figura 6-2:** Modelo 3D del prototipo final Robot Móvil  
**Fuente:** Frías Jefferson 2018

## **2.4. Diseño del sistema electrónico y PCBs**

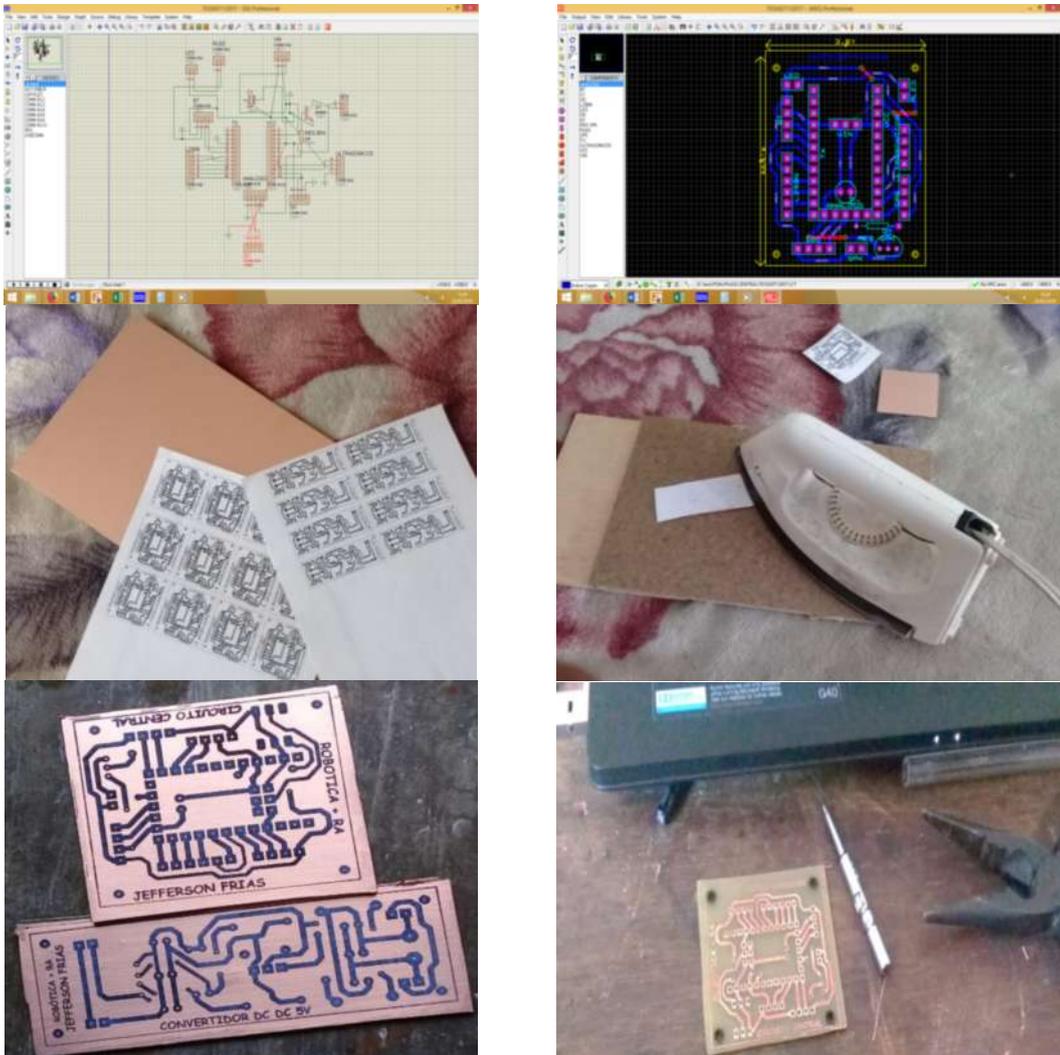
Luego de un haber analizado los elementos de la estructura del prototipo, y comprobando que se encuentre bien estable, se procede a elegir nuestros componentes electrónicos para el buen funcionamiento del prototipo robot móvil. En esta etapa se construyeron los dos circuitos principales, la placa central y el regulador de voltaje de 5v; para ello se empleó el uso de un software de simulación electrónica PROTEUS, dicho programa permite diseñar el esquema de cualquier circuito y posteriormente realizar el PCB (ruteado de pistas impreso en placa).

### **2.4.1. Diseño del módulo electrónico principal**

En el circuito principal estará ubicado el Arduino Pro mini al cual se conectarán todos sensores, señales para los actuadores, este dispositivo se encargará de receptor y/o enviar todas las señales necesarias para el correcto funcionamiento del robot móvil. En las siguientes figuras 7-2se muestra el proceso para la elaboración de las placas del proyecto.

1. Diseño del circuito esquemático en Proteus.
2. Diseño del ruteado de pistas posterior a la impresión
3. Impresión de circuito ruteado

4. Proceso de planchado sobre la baquelita
5. Pasar los modelos por el cloruro férrico para que se solidifiquen las pistas.
6. Finalmente se procede a soldar los elementos electrónicos.

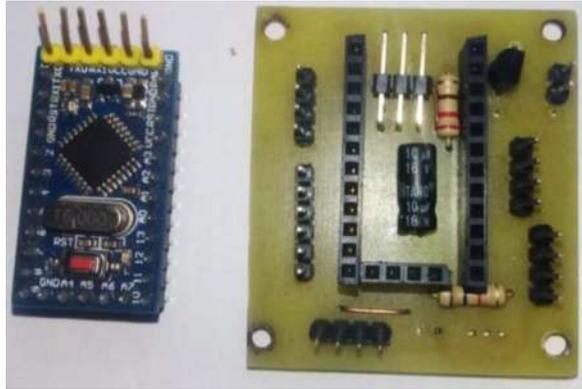


**Figura 7-2:** Proceso de Ruteado y PCB de placa electrónica principal  
Fuente: Frías Jefferson, 2018

**Tabla 1-2:** Componentes del circuito de control principal

| ELEMENTOS        | CANTIDAD | DESCRIPCIÓN      |
|------------------|----------|------------------|
| Arduino Pro Mini | 1        | Microcontrolador |
| Resistencia      | 1        | 220Ohm           |
| Capacitor        | 1        | 10uF, 16v        |
| Transistor NPN   | 1        | 2n3904           |
| Espadines        | 2        | Regletas         |
| Buzzer           | 1        | Sonido           |
| Baquelita        | 1        | Circuito Impreso |

**Realizado por:** Jefferson Frías, 2018  
Fuente: Autor

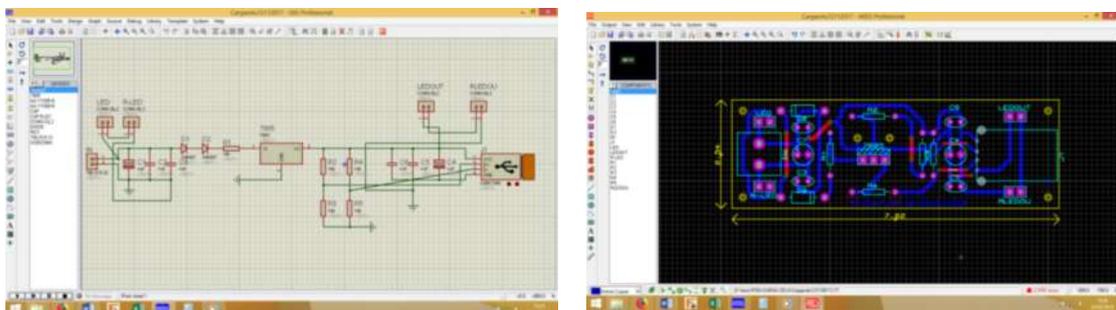


**Figura 8-2:** Elementos Placa Principal final  
**Fuente:** Frías Jefferson, 2018

#### 2.4.2. *Diseño del módulo electrónico regulador de 5v*

En el circuito del cargador de 5v, es necesario su presencia para alimentar al dispositivo que nos ayudará a captar las imágenes del mundo real (cámara inalámbrica), para esta ocasión se ha utilizado un celular Samsung J2 el mismo q necesita una alimentación de 5v a 1A, para cargar sus baterías. En la figura 9-2 se muestra el proceso para la elaboración de las placas del proyecto.

1. Diseño del circuito esquemático en Proteus.
2. Diseño del ruteado de pistas posterior a la impresión
3. Impresión de circuito ruteado
4. Proceso de planchado sobre la baquelita
5. Pasar los modelos por el cloruro férrico para que se solidifiquen las pistas.
6. Finalmente se procede a soldar los elementos electrónicos.





**Figura 9-2:** Proceso de Ruteado y PCB de placa electrónica módulo 5v  
**Fuente:** Frías Jefferson, 2018

Ahora el diseño del circuito consta de los siguientes componentes según muestra la tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Componentes del circuito módulo regulador de 5v

| ELEMENTO                | CANTIDAD | DESCRIPCIÓN   |
|-------------------------|----------|---|
| Regulador a 5v          | 1        | 7805  |
| Disipador de calor      | 1        |   |
| Capacitor Cerámico      | 4        | 0.1 uF  |
| Capacitor Electrolítico | 2        | 100uF – 25v   |
| Diodo                   | 2        | 1n4007  |
| Resistencia             | 5        | 10 ohm (1 Watt)<br>160 kOhm<br>5,63 kOhm<br>56 kOhm<br>100 kOhm |
| Conector USB            | 1        |   |
| Led                     | 2        | Verde, Azul   |
| Conector tipo bloque    | 1        |   |
| Espadines               | 1        | Regleta   |

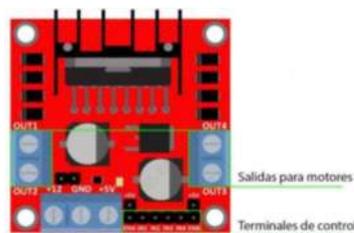
**Realizado por:** Jefferson Frías, 2018  
**Fuente:** Autor



**Figura 10-2:** Elementos Placa Regulador de 5v  
**Fuente:** Frías Jefferson, 2018

### 2.4.3. Selección del Driver para el control de los motores DC

Al disponer de 4 motores DC, y gracias a la experimentación en diferentes concursos de robótica asistidos, se optó por usar el puente H L298N. El puente H L293N tendrá la obligación de dar movimiento a los 4 motores conectados sobre el prototipo robot móvil. Dicho módulo o controlador ha sido diseñado por la empresa ELECTRONILAB.CO y cuenta con toda la electrónica y protecciones necesarias para controlar motores – DC o Paso a Paso - que consumen hasta 2Amperios pico de corriente directa en cada uno de sus 2 canales; físicamente contiene 6 pines donde podemos ingresar 4 pulsos digitales hasta 5 voltios desde un microcontrolador y 2 pulsos PWM. Más características sobre el módulo y detalles físicos se muestran a continuación en la figura 11-2.



**Figura 11-2:** Puente H L298N  
**Fuente:** <http://electronilab.co/>

**Tabla 3-2:** Características técnicas del puente H L298N

| Fabricante                       | ELECTRONILAB.CO |
|----------------------------------|-----------------|
| Serie                            | L298N           |
| Voltaje de operación             | 6 – 35 VDC      |
| Corriente pico de operación      | 4 A             |
| Corriente constante de operación | 2 A             |
| Voltaje lógico de operación      | 3.3 – 5.5 VDC   |
| Potencia Máxima                  | 25 W            |
| Peso                             | 30 g            |
| Dimensiones                      | 43 x 43 x 27 mm |

**Realizado por:** Jefferson Frías, 2018

**Fuente:** <http://www.naylampmechatronics.com/drivers/11-driver-puente-h-l298n.html>

#### 2.4.4. Selección de Servomotores para brazo de cámara

El servo SG90 Tower Pro es un micro servo de gran calidad y diminutas dimensiones, además es bastante económico. Funciona con la mayoría de tarjetas electrónicas de control con microcontroladores y además con la mayoría de los sistemas de radio control comercial. Los cables en el conector están distribuidos de la siguiente forma:

**Rojo** =Alimentación (+), **Café** = Alimentación (-) o tierra, **Naranja**= Señal PWM.



**Figura 12-2:** Micro Servo SG 90

**Fuente:** (Naylamp Nechatronics, 2016)

Este tipo de servo es ideal para las primeras experiencias de aprendizaje y prácticas con servos, ya que sus requerimientos de energía son bastante bajos y se permite alimentarlo con la misma fuente de alimentación que el circuito de control. (MECHATRONICS, 2016). A continuación en la tabla se muestran las especificaciones técnicas del micro servo SG90.

**Tabla 4-2:** Especificaciones técnicas Micro Servo SG90  
**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

|                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| <b>Voltaje de Operación:</b>   | 3.0 – 7.2 V                      |
| <b>Velocidad:</b>              | 0.1 seg /60 grados               |
| <b>Torque reposo:</b>          | 1.3Kg x cm (4.8 V). 1.6 Kg (6 V) |
| <b>Ancho de pulso:</b>         | 4useg (Dead band)                |
| <b>Peso:</b>                   | 9g                               |
| <b>Engranés</b>                | Nylon                            |
| <b>Dimensiones:</b>            | 22*11.5*27 mm                    |
| <b>Longitud del conductor:</b> | 150mm                            |

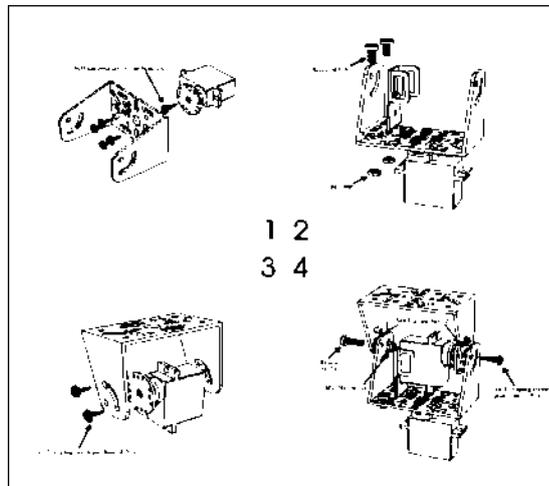
**Realizado por:** Jefferson Frías, 2018

**Fuente:** (Naylamp Nechatronics, 2016)

#### 2.4.5. Selección del brazo giratorio para cámara

El Pan & Tilt, como su nombre lo indica, es un tipo de mini brazo mecánico de dos grados de libertad que posee dos movimientos uno de giro y otro de inclinación. Para el sistema de tracción se han utilizado micro servos SG90 el material utilizado para la estructura es plástico acrílico de 2 milímetros tal y como se muestra en la figura xx-xx.

El Pan & Tilt se adquiere como un kit al que debes agregar los motores micro servo SG90, este kit es fácil de armar, las instrucciones del kit se muestran en la siguiente figura.



**Figura 13-2:** Instrucciones para armado del kit Pan & Tilt  
Fuente: Frías Jefferson, 2018

La conexión de los servos no es muy complicada y se respeta según la información en el punto 2.4.5, todos los cables van a la tarjeta electrónica principal. De la misma manera para el control de los micros servos se utiliza una librería servo de Arduino.



**Figura 14-2:** Kit Pan & Tilt de 2 grados de libertad  
Fuente: Frías Jefferson, 2018

#### 2.4.6. Selección del sensor GPS - NEO 6M

La propuesta inicial del proyecto, se planteó generar la ubicación del prototipo dentro del Globo Terrestre para tener como punto de partida un control con mucho más alcance, para esto se vio la necesidad y gracias a la versatilidad de muchos sensores que existen hoy en día, de adquirir un módulo GPS para el efecto.

El Módulo GPS está basado en U-BLOX NEO-6M con EEPROM incluido, incluye antena. Es compatible con varios controladores de vuelo que necesitan posicionamiento GPS. (Naylamp Nechatronics, 2016).A continuación se muestran las especificaciones técnicas y la respectiva figura del sensor GPS NEO 6M.

**Tabla 5-2:** Especificaciones Técnicas Sensor GPS NEO-6M

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS   |                |
|---|----------------|
| <b>Voltaje de alimentación:</b>   | 3 – 5 VDC      |
| <b>Interface:</b>   | Serial UART 5V |
| Antena cerámica   |                |
| EEPROM para guardar datos de configuración cuando el módulo se des energice |                |
| Batería de respaldo (MS621FE)   |                |
| <b>Frecuencia de refresco:</b>  | 5 Hz           |
| <b>Soporta SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN)</b>                              |                |
| <b>Indicador de señal con LED</b>   |                |
| <b>Tamaño de la antena:</b>   | 25mm x 25mm    |
| <b>Tamaño del módulo:</b>   | 25mm x 35mm    |
| <b>Tamaño de los agujeros de montaje:</b>                                   | 3mm            |
| <b>Baud rate por defecto:</b>   | 9600 bps       |

**Realizado por:** Jefferson Frías, 2018  
**Fuente:** (Naylamp Nechatronics, 2016)



**Figura 15-2:** Sensor GPS NEO – 6M  
**Fuente:** (Naylamp Nechatronics, 2016)

#### 2.4.7. Selección del LCD

Gracias al sensor GPS incorporado sobre el robot móvil, nos vemos en la necesidad de colocar un dispositivos para visualizar la información que me emite dicho sensor, para ello se ha elegido un LCD o pantalla de cristal líquido de 16 x 2, es decir 16 columnas con 2 filas, dicho componente viene conectado a un módulo I2C de comunicación al microcontrolador, para reducir el cableado típico, a continuación en la tabla 5-2 se muestra la especificación técnica del LCD.

**Tabla 6-2:** Características técnicas del LCD seleccionado

| <b>Fabricante</b>               | VISHAY            |
|---------------------------------|-------------------|
| <b>Serie</b>                    | LCD-016M002B      |
| <b>Voltaje de Entrada</b>       | 5 VDC             |
| <b>Corriente de entrada</b>     | 1.2 – 3 mA        |
| <b>Temperatura de operación</b> | 0 - +50° C        |
| <b>Voltaje Led</b>              | 4.2 – 4.6 VDC     |
| <b>Resistencia Led</b>          | 25 Ohms           |
| <b>Dimensiones</b>              | 80 x 36 x 13.5 mm |
| <b>Potencia</b>                 | 7.5mW             |

**Realizado por:** Jefferson Frías, 2018

**Fuente:** <http://www.engineersgarage.com/sites/default/files/LCD%2016x2.pdf>

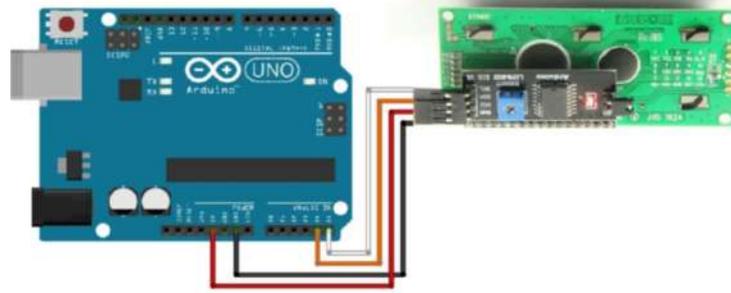
Con este módulo LCD de interfaz I2C, solo utilizas 2 líneas (SDA y SCL) para mostrar la información. Si ya dispone de dispositivos I2C en su proyecto, este módulo se conecta en el mismo bus y no utiliza más pines. Puede cambiar la dirección I2C soldando unos puentes que trae el módulo. (Naylamp Mechatronics, 2015). En la tabla 6-2 se muestran las especificaciones técnicas del Módulo adaptador I2C.

**Tabla 7-2:** Especificaciones Técnicas Módulo Adaptador I2C

| <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>       |                                |
|--|--------------------------------|
| <b>VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN:</b>        | 5V                             |
| <b>CONTROLADOR</b>                     | PCF8574                        |
| <b>DIRECCIÓN I2C:</b>                  | 0X20 – 0X27 (por defecto 0x27) |
| Compatible con el protocolo i2c        |                                |
| Jumper para luz de fondo               |                                |
| Potenciómetro para ajuste de contraste |                                |

**Realizado por:** Jefferson Frías, 2018

**Fuente:** (Naylamp Mechatronics, 2015)



**Figura 16-2:** Conexión Arduino Módulo I2C  
**Fuente:** (Naylamp Mechatonics, 2015)

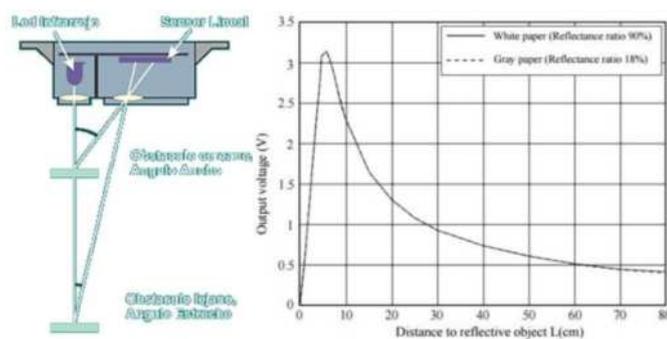
#### 2.4.8. Selección del Sensor de Distancia– Sharp GP2Y0A21

Un sensor SHARP es un sensor óptico capaz de medir la distancia entre él y un objeto, para esto el sensor con la ayuda de un emisor infrarrojo y un receptor miden la distancia usando triangulación.

El método de triangulación consiste en medir uno de los ángulos que forma el triángulo emisor-objeto-receptor, el Receptor es un PSD (Position Sensitive Detector) que detecta el punto de incidencia el cual depende del ángulo y a su vez de la distancia del objeto.

La geometría del sensor y de su óptica es el que limita el rango del sensor. El termino SHARP (Agudo) es porque tiene un rango de visión muy reducido, esto porque la luz que emite es puntual, lo que permite usar el sensor para escanear o mapear áreas, pero teniendo en cuenta que objetos pequeños serán difíciles de detectar.

Una ventaja adicional es que no son sensibles a la luz ambiental o el Sol, enemigo de los sensores infrarrojos, un SHARP usa una luz infrarroja intermitente con una frecuencia determinada, que en el receptor es filtrada y elimina cualquier otra fuente de luz diferente a la frecuencia emitida.



**Figura 17-2:** Información General Sensor Sharp  
**Fuente:** (Naylamp Mechatonics, 2015)

De la curva del datasheet solo tomamos la forma que como se observa es potencial pero teniendo en cuenta que la ecuación trabajará dentro del rango de trabajo del sensor.

$$L = ax^b$$

**Ecuación 1-2:** Rango de trabajo del sensor Sharp

**Fuente:** Jefferson Frías, 2018

Como voltaje y el valor del ADC que leemos desde el Arduino son proporcional, hallaremos la ecuación en función del valor del ADC, esto con el fin de ahorrarnos un cálculo por parte del Arduino para obtener el voltaje. Entonces para nosotros “x” es el valor del ADC. (NAYLAMP MECHATRONICS, 2016)

#### **2.4.9. Selección del módulo de comunicación inalámbrica Bluetooth**

Se utilizó el módulo Bluetooth HC-05 dado que su uso es muy popular para aplicaciones de Arduino y PIC, además de ser dispositivos electrónicos económicos y que permiten ser utilizados en protoboard y cableado directamente a cualquier microcontrolador.

El modulo Bluetooth HC-05 es ideal para utilizar en todo tipo de proyectos donde necesites una conexión inalámbrica fiable y sencilla de utilizar, asimismo es un módulo muy versátil que no dejarás de usar. (BricoGeek, 2015). A continuación se muestra toda la información técnica sobre nuestro módulo de comunicación utilizado en este proyecto.

#### **Funciones**

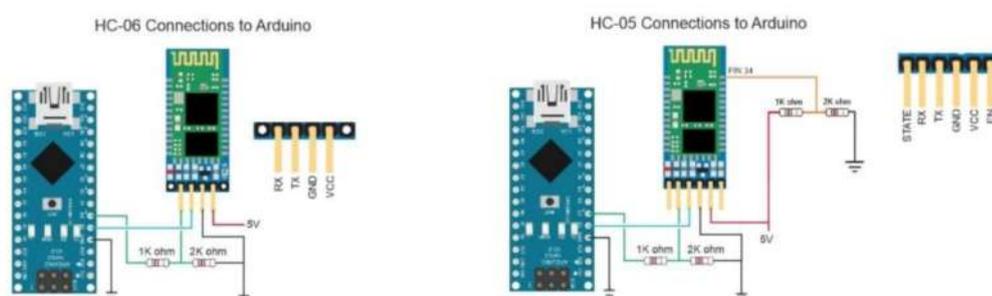
- Reemplaza un enlace serial cableado por un enlace inalámbrico en forma transparente.
- Posee el perfil bluetooth “Wireless Serial Port”
- Se puede configurar como Master o Slave.
- Ideal para controlar nuestro proyecto Arduino, PIC, Atmel, etc. En forma inalámbrica con nuestra PC. (Naylamp Mechatronics, 2015).

**Tabla 8-2:** Especificaciones Técnicas Módulo Bluetooth HC-05

|                                 |                                       |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Voltaje de Operación:</b>    | +3.6 - 6 VDC                          |
| <b>Consumo de Corriente:</b>    | 50mA                                  |
| <b>Interface:</b>               | Serial TTL                            |
| <b>Protocolo Bluetooth:</b>     | Bluetooth Specification v2.0+EDR      |
| <b>Frecuencia:</b>              | Banda ISM 2.4GHz                      |
| <b>Modulación:</b>              | GRSK (Gaussian Frequency Shift Keying |
| <b>Potencia de transmisión:</b> | 4dBm, Class 2                         |
| <b>Sensibilidad:</b>            | -84 dGm a 0.1 % BER                   |
| <b>Velocidad:</b>               | 1Mbps                                 |
| <b>Seguridad:</b>               | Autenticación y encriptación          |
| <b>Perfil:</b>                  | Bluetooth serial port                 |
| <b>Temperatura de trabajo:</b>  | -20C a +75C                           |

Realizado por: Jefferson Frías, 2018

Fuente: <http://www.naylampmechatronics.com/inalambrico/43-modulo-bluetooth-hc05.html>



**Figura 18-2:** Conexión Arduino módulo Bluetooth HC-05

Fuente: <http://bit.ly/2oK1ba4>

a. *Configuración de parámetros en el módulo bluetooth HC-05*

El módulo Bluetooth HC-05 viene configurado de fábrica como Esclavo, pero se puede cambiar para que trabaje como maestro, además al igual que el HC-06, se puede cambiar el nombre, código de vinculación velocidad y otros parámetros más. (Naylamp Mechatronics, 2016).

Definamos primero que es un dispositivo bluetooth maestro y dispositivo esclavo:

- **Módulo bluetooth HC-05 como esclavo:**

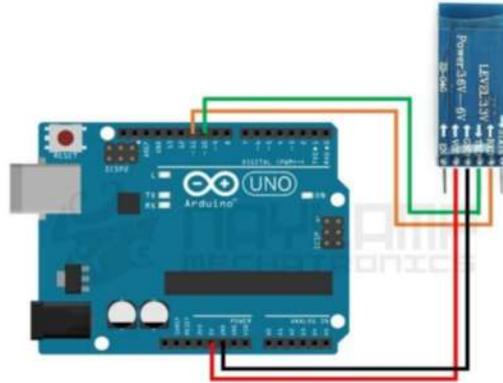
Cuando se está configurado de esta forma, se comporta similar a un HC-06, espera que un dispositivo bluetooth maestro se conecta a este, generalmente se utiliza cuando se necesita comunicarse con una PC o Celular, pues estos se comportan como dispositivos maestros.

- **Módulo bluetooth HC\_05 como maestro:**

En este modo, el HC-05 es el que inicia la conexión. Un dispositivo maestro solo se puede conectarse con un dispositivo esclavo. Generalmente se utiliza este modo para comunicarse

entre módulos bluetooth. Pero es necesario antes especificar con que dispositivo se tiene que comunicar, esto se explicará más adelante.

En nuestro caso usará una comunicación entre PC-ARDUINO-BLUETOOTH como muestra la figura 16-2.



**Figura 19-2:** Comunicación entre la PC Arduino y Bluetooth  
**Fuente:** (Naylamp Mechatronics, 2016)

Es necesario compilar y cargar el siguiente sketch que hemos preparado, que como vemos lee los datos enviados de la PC a través de nuestro IDE y se lo envía serialmente hacia los pines RXD y TXD de nuestro módulo HC-05.

```
#include <SoftwareSerial.h> // Incluimos la librería SoftwareSerial
SoftwareSerial BT(10,11); // Definimos los pines RX y TX del Arduino
                          // conectados al Bluetooth

void setup()
{
  BT.begin(9600); // Inicializamos el puerto serie BT (Para Modo AT 2)
  Serial.begin(9600); // Inicializamos el puerto serie
}

void loop()
{
  if(BT.available()) // Si llega un dato por el puerto BT se envía al
  monitor serial
  {
    Serial.write(BT.read());
  }

  if(Serial.available()) // Si llega un dato por el monitor serial se envía al
  puerto BT
  {
    BT.write(Serial.read());
  }
}
```

En primer lugar enviaremos los comando AT usando el Modo AT 2, pero también es válido si están en el Modo AT 1, con la diferencia que tendrán que cambiar a la velocidad con la que tienen configurado su Bluetooth. Ahora abrimos nuestro Monitor serial del IDE de Arduino, pero puedes usar cualquier monitor serial. En la parte inferior debemos escoger “Ambos NL & CR” y la velocidad de “38400 baud”

Hecho esto podemos empezar a enviar los comandos AT a nuestro bluetooth.

- **Test de comunicación**

Lo primero es comprobar si nuestro bluetooth responde a los comando AR.

**Enviar:** AT

**Recibe:** OK

Si recibimos como respuesta un OK entonces podemos continua, sino verificar las conexiones a los paso anteriores.

- **Cambiar nombre de nuestro módulo**

Por defecto nuestro bluetooth se llama “HC-05” esto se puede cambiar con el siguiente comando AT.

**Enviar:** AT+NAME=<NUEVO NOMBRE>

**Respuesta:** OK

- **Cambiar código de Vinculación**

Por defecto viene con el código de vinculación (Pin) “1234”, para cambiarlo hay q enviar el siguiente comando AT.

**Enviar:** AT+PSWD=<NUEVO PIN> **Respuesta:** OK

- **Configurar la velocidad de comunicación**

La velocidad por defecto es de 9600 baudios, con Stop bit = 0 (1 bit de parada), y si paridad, para cambiar estos parámetros, se hace uso del siguiente comando AR:

**Enviar:** AT+UART=<BAUD>

**Respuesta:** OK

Baud, equivale a una velocidad las cuales pueden ser: 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 23400, 460800, 921600 o 1382400.

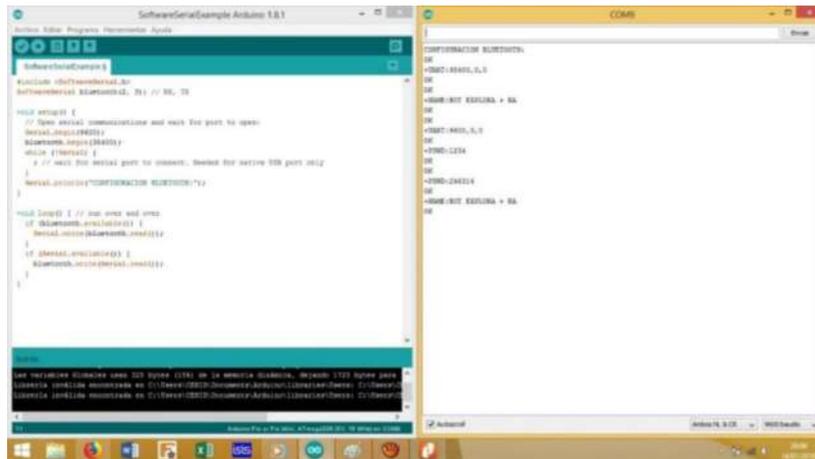
- **Configurar el Role: para que trabaje como Maestro o Esclavo**

Por defecto nuestro HC-05 viene como esclavo, el siguiente comando nos permite cambiar esto:

**Enviar:** AT+ROLE=<ROLE>

**Respuesta:** OK

Donde <Role>, 0 Esclavo 1 Maestro.



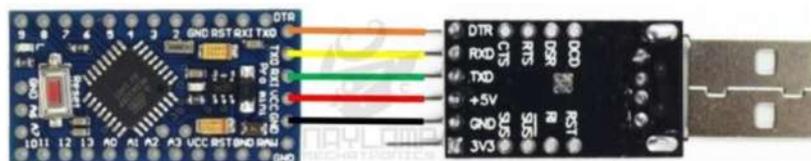
**Figura 20-2:** Configuración del módulo HC-05  
**Fuente:** Frías Jefferson, 2018

#### 2.4.10. Selección del sistema de comunicación

El robot móvil aplicado al monitoreo propuesto en el presente proyecto; posee dos sistemas de comunicación: un sistema alámbrico de comunicación y un sistema inalámbrico de comunicación.

##### a. Sistema de comunicación alámbrica

Para este sistema de comunicación se utilizó un cable que comunica al Arduino Pro Mini con la computadora mediante comunicación serial, esta comunicación serial se configuró a una velocidad de 9600 baudios. La siguiente figura 18-2 indica cómo se debe realizar la conexión para la programación de una placa Arduino Pro mini.



**Figura 21-2:** Módulo de Programación de Arduino Pro Mini  
**Fuente:** (Naylamp Mechatronics, 2015)

##### b. Sistema de comunicación inalámbrica

Para el sistema de comunicación inalámbrica se ha dividido en 2 partes.

En el primer caso, la comunicación para el control de movimientos del robot móvil se utilizará una comunicación vía bluetooth debido a su bajo costo de aplicación y compatible con el

microcontrolador a utilizar, en relación a los datos de datos enviados por los sensores (GPS, distancia y proximidad) se los puede visualizar mediante el LCD que lleva el robot móvil.

**Bluetooth Radio control:** El módulo bluetooth HC-05 y el HC-06 basados en transeptores de bajo costo. Opera mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2.4GHz. Su uso es adecuado cuando puede haber dos o más dispositivos en un área reducida sin necesidad de ancho de banda. El wifi utiliza el mismo espectro de frecuencia que Bluetooth, con una potencia de salida mayor que lleva a conexiones más sólidas. (Sánchez 2012).

En el segundo caso, la comunicación entre la parte de realidad aumentada y el robot móvil, existe una comunicación vía Wi-Fi con un Router Inalámbrico, gracias a esto podemos generar una red local inalámbrica para interconectar el Computador Personal, el dispositivo móvil (celular con cámara HD) y obtener las imágenes en tiempo real en el computador. A continuación en la figura19-2 se muestra el esquema del proyecto global.

**Wifi 2.4 Ghz:** El estándar de comunicación inalámbrico 802.11 o wifi se usa para transmisión de información de la cámara IP la cual se enlaza a través de direccionamiento estático y procesado por el enrutador instalado. La parte física de transmisión original es reemplazada por la antena omnidireccional de potencia de 20dBi con el fin de incrementar el alcance de trasmisión y cobertura.



**Figura 22-2:** Modelo inalámbrico Robot Móvil – Realidad Aumentada  
Fuente: Frías Jefferson, 2018

### 2.4.11. Selección del Router inalámbrico

Para la aplicación del proyecto se ha utilizado un Router inalámbrico CISCO Linksys E2500, a continuación se muestra las características técnicas del mismo.



**Figura 23-2:** Router Inalámbrico CISCO LinkSys E2500  
Fuente: [https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/71hShIguRgL\\_SL1500\\_.jpg](https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/71hShIguRgL_SL1500_.jpg)

**Tabla 9-2:** Características del Router CISCO Linksys N600 E2500

| Características                                       | Descripción  |
|---|--|
| Estándares Inalámbricos                               | IEEE 802.11n, 802.11a, 802.11g, 802.3b                               |
| Puertos   | Alimentación, Internet, Ethernet (1-4)                               |
| Velocidad del Puerto de Conmutador                    | 10/100 Mbps (Fast Ethernet)  |
| LEDES   | Restablecimiento, Wi-Fi Protected Setup™ (WPS)                       |
| Tipo de cableado                                      | Alimentación, Wi-Fi Protected Setup™ (WPS), Internet, Ethernet (1-4) |
| Antenas   | CAT 5, cable Ethernet  |
| Ganancia de la Antena                                 | 4 (2 por banda)  |
| Características de Seguridad                          | 3.5 dBi  |
| Clave de Seguridad                                    | Wi-Fi Protected Access (WPA), WPA2™, WEP                             |
| Soporte para el sistema de Almacenamiento de Archivos | FAT, NTFS, HFS+  |
| Velocidad   | Hasta 300Mbps (2,4 GHz) + 300 Mbps (5 GHz)                           |

Realizado por: Jefferson Frías, 2018

Fuente: <https://www.linksys.com/sv/support-article?articleNum=141208>

**Tabla 10-2:** Especificaciones del Router CISCO Linksys N600 E2500

| Especificación                | Valor   |
|-------------------------------|---|
| Dimensiones                   | 8,86" x 1,38" x 7,09" (225 x 35 x 180 mm)                         |
| Peso                          | v1: 300g (10.58 oz)<br>v2: 260g (9,17 oz)<br>v3: 276.4g (9,75 oz) |
| Alimentación                  | 12 V, 1 Amp   |
| Temperatura de Funcionamiento | De 32 a 104°F (De 0 a 40°C)                                       |
| Temperatura de Almacenamiento | De -4 a 140°F (de -20 a 60°C)                                     |
| Humedad de Funcionamiento     | De 10 a 80% sin condensación                                      |
| Humedad de Almacenamiento     | De 5 a 90% sin condensación                                       |
| Velocidad                     | Hasta 300 Mbps (2.4 GHz) + 300 Mbps (5GHz)                        |

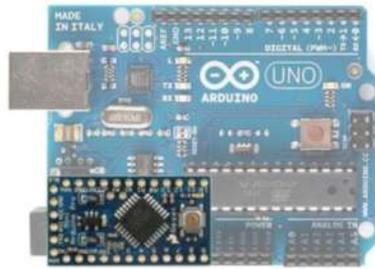
Realizado por: Jefferson Frías, 2018

Fuente: <https://www.linksys.com/sv/support-article?articleNum=141208>

#### 2.4.12. Selección del dispositivo de control (microcontrolador)

Luego de las suficientes investigaciones y pruebas; Para la realización del prototipo en el presente trabajo de titulación se ha decidido utilizar la tarjeta de desarrollo Arduino Pro Mini ya que su pequeño tamaño y su versatilidad en proyectos micro electrónicos, nos facilita en beneficio del peso total del prototipo y además brinda los puertos suficientes para comunicación, lectura de sensores y/o actuadores que servirán de apoyo para el correcto funcionamiento del mismo.

En la figura 21-2 se muestra la comparación respectiva entre una placa Arduino Uno y Arduino Pro mini



**Figura 24-2:** Comparación de tamaños Arduino Uno vs Arduino Pro Mini  
Fuente: (SparkFun, 2010)

Además esta placa permite incorporar un dispositivo de comunicación para su programación mediante conexión a la computadora. En la figura 22-2 se muestra como se realiza una comunicación entre el Arduino Pro mini y el chip FT232R.



**Figura 25-2:** Dispositivo de Programación Arduino Pro Mini – FT232R  
Fuente: (SparkFun, 2010)

##### a. Señales de entrada y salida requeridas

En la tabla 11-2 se muestran las señales de entrada y salida que serán utilizadas del micro controlador y estarán presentes en el sistema. Las señales de entrada se generan por los sensores. Las señales de salidas serán generadas por el microcontrolador y se dirigirán a los actuadores.

**Tabla 11-2:** Señales de entrada y salida del sistema

| <b>PIN ARDUINO PRO MINI</b> | <b>NOMBRE PIN ARDUINO</b>        | <b>ELEMENTO</b>                           | <b>PIN ELEMENTO</b> | <b>TIPO DE SEÑAL</b> |
|-----------------------------|----------------------------------|---|---------------------|----------------------|
| TXD                         | Transmisión Serial TTL           | Bluetooth                                 | RX                  | Entrada              |
| RXI                         | Recepción Serial TTL             | Bluetooth                                 | TX                  | Salida               |
| RST                         | RESET                            |   |                     |                      |
| GND                         | GND                              | GPS<br>L298N<br>Bluetooth<br>I2C          | GND                 |                      |
| D2                          | Pin Digital 2 (INT 0)            |   |                     |                      |
| D3                          | Pin Digital 3 (PWM) (INT 1)      | Buzzer                                    | pinBuzzer           | Salida               |
| D4                          | Pin Digital 4                    | L298N                                     | Pin 1               | Salida               |
| D5                          | Pin Digital 5 (PWM)              | L298N                                     | Enable 1            | Salida               |
| D6                          | Pin Digital 6 (PWM)              | L298N                                     | Pin 2               | Salida               |
| D7                          | Pin Digital 7                    | L298N                                     | Pin 3               | Salida               |
| D8                          | Pin Digital 8                    | L298N                                     | Pin 4               | Salida               |
| D9                          | Pin Digital 9 (PWM)              | L298N                                     | Enable 2            | Salida               |
| GND                         | GND                              |   |                     |                      |
| A4                          | Pin Analógico 4 (SDA) I2C        | I2C                                       | SDA                 | Salida               |
| A5                          | Pin Analógico 5 (SCL) I2C        | I2C                                       | SCL                 | Salida               |
| A6                          | Pin Analógico 6                  |   |                     |                      |
| A7                          | Pin Analógico 7                  |   |                     |                      |
| D10                         | Pin Digital 10 (PWM) (SS)        |   |                     |                      |
| D11                         | Pin Digital 11 (PWM) (MOSI)      |   |                     |                      |
| D12                         | Pin Digital 12 (MISO)            | GPS                                       | RX                  | Entrada              |
| D13                         | Pin Digital 13 (SCK)             | GPS                                       | TX                  | Salida               |
| A0                          | Pin Analógico 0                  | POTENCIOMETRO                             | SEÑAL ANÁLOGA       | ENTRADA              |
| A1                          | Pin Analógico 1                  | POTENCIOMETRO                             | SEÑAL ANÁLOGA       | ENTRADA              |
| A2                          | Pin Analógico 2                  |   |                     |                      |
| A3                          | Pin Analógico 3                  | SENSOR SHARP                              | SEÑAL ANÁLOGA       | ENTRADA              |
| VCC                         | Voltaje de Entrada 5v            | GPS<br>L298N<br>Bluetooth<br>I2C<br>SHARP |                     |                      |
| RST                         | Reset                            |   |                     |                      |
| GND                         | GND                              |   |                     |                      |
| RAW                         | Entrada de Voltaje de Referencia |   |                     |                      |
| GND                         | GND                              |   |                     |                      |
| VCC                         | Voltaje de Entrada 5v            |   |                     |                      |
| RXI                         | Pin Recepción Serial TTL         |   |                     |                      |
| TXD                         | Pin Transmisión Serial TTL       |   |                     |                      |
| DTR                         | GND                              |   |                     |                      |

Realizado por: Jefferson Frías, 2018

Fuente: Autor

#### 2.4.13. Selección del sistema de alimentación



**Figura 26-2:** Batería LiPo 2.65mAh / 3S / 20C  
Fuente: <http://bit.ly/2FcTOIV>

Una vez realizados las respectivas pruebas, se ha tomado la decisión de utilizar baterías LiPo de 2,6Amp a 11.1v; debido a que su peso es relativamente pequeño y a su vez su corriente es alta, gracias a esta ventaja podremos ganar un espacio, peso y sobre todo larga duración del sistema/prototipo. La corriente suministrada por la batería es suficiente para alimentar los sensores, LCD, microcontrolador, cargador portátil de 5v, módulos electrónicos y motores DC. Las especificaciones técnicas de la batería se observan en la tabla 12-2.

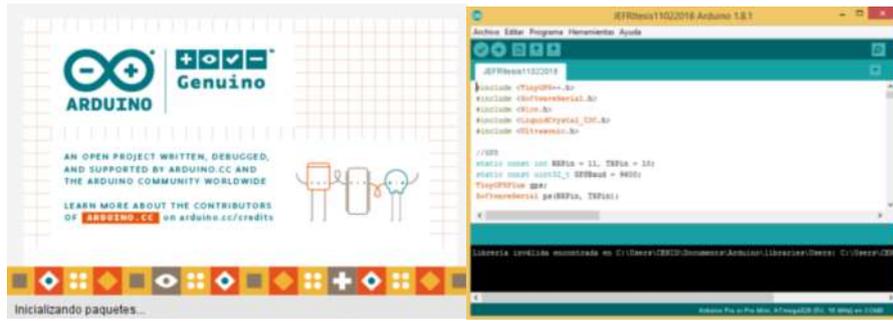
**Tabla 12-2:** Especificación técnica Batería Lipo Turnigy

|                                 |                   |
|---------------------------------|-------------------|
| <b>Fabricante</b>               | Turnigy           |
| <b>Capacidad mínima</b>         | 2650mAh           |
| <b>Configuración</b>            | 3S1P/11.1v/3 CELL |
| <b>Descarga constante</b>       | 20C               |
| <b>Descarga máxima (10 seg)</b> | 30C               |
| <b>Peso del paquete</b>         | 213g              |
| <b>Tamaño del paquete</b>       | 137 x 43 x 17 mm  |

Realizado por: Jefferson Frías, 2018  
Fuente: <http://bit.ly/2FcTOIV>

#### 2.5. Programación del módulo Arduino

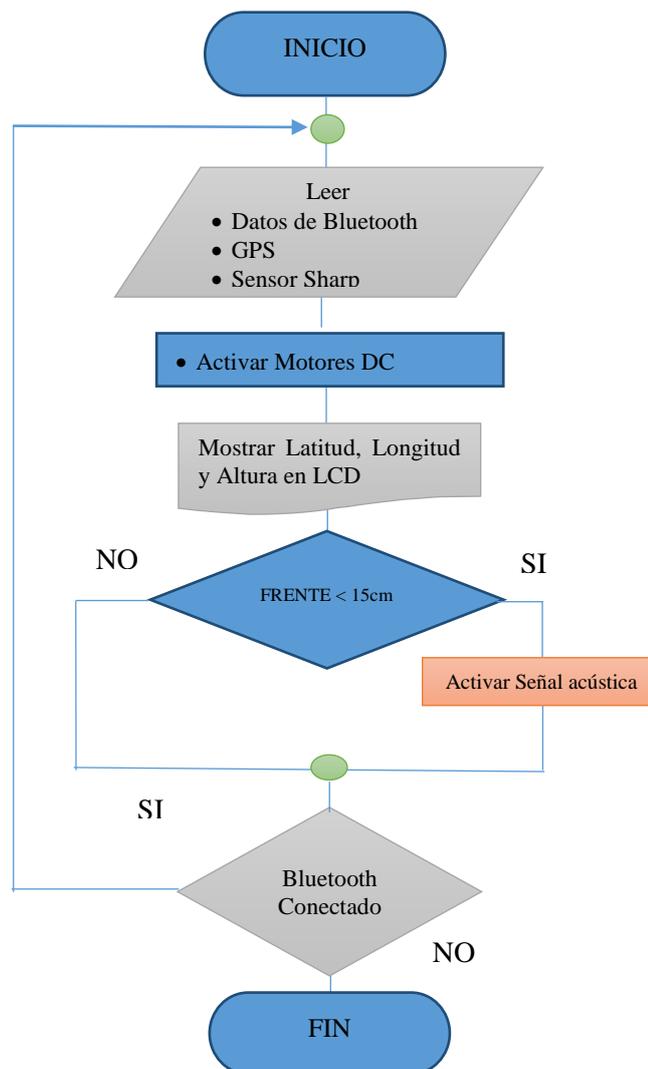
Para la programación del módulo Arduino Pro Mini se utilizó el software entorno de desarrollo (IDE) Arduino 1.8.1 para Windows 8 que se lo puede descargar de manera gratuita en su página web ([arduino.cc](http://arduino.cc)). El lenguaje de programación utilizado por dicho software es C++, poseen múltiples librerías y es de fácil uso, su principal función es controlar todo el funcionamiento del sistema, lectura de sensores, activación de actuadores según el código de programado dentro de nuestro cerebro principal.



**Figura 27-2:** Interfaz de programación Arduino  
**Fuente:** arduino.cc

### 2.5.1. Desarrollo de los procesos en el software Arduino

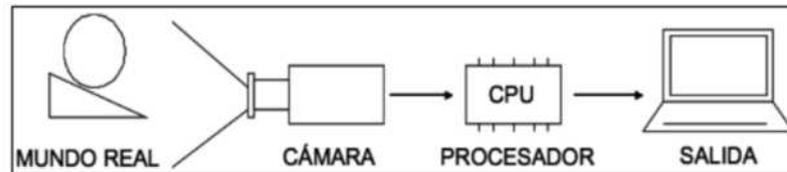
Se utilizó un modelo de programación, - do while - para el control general del robot móvil se sintetiza en el siguiente diagrama de flujo en el gráfico 2-2.



**Gráfico 2-2:**Diagrama de flujo Programa Principal Robot Móvil  
**Realizado por:** Frías Jefferson, 2018

## 2.6. Selección del software para interfaces de Realidad Aumentada

La realidad aumentada es una tecnología que se utiliza para definir una visión indirecta o directa de un entorno físico del mundo real, cuyos elementos se combinan con elementos virtuales para la creación de una realidad mixta en tiempo real. Con la ayuda de la tecnología (añadiendo la visión por computador y reconocimiento de objetos) la información sobre el mundo real alrededor del usuario se convierte en interactiva y digital.



**Figura 28-2:** Funcionamiento de la RA

Fuente: Frías Jefferson 2018

El proceso para la generación de Realidad Aumentada se lo realizará en 2 momentos.

1. Diseño de modelos 3D en el software Sketch-Up
2. Generación de Código QR y aplicación en Aumentaty Author

### 2.6.1. Diseño de modelos 3D Sketch-Up

Los modelos son figuras en 2D o 3D en el ámbito virtual, que se superponen a un marcador; la mayoría de modelos para RA son en 3D y algunos muestran figuras con posibilidad de ser animadas. El modelo en 3D, es el arte de diseñar objetos en 3D por lo general utilizando algún tipo de software de diseño (Rivadeneira Herrera, 2013).

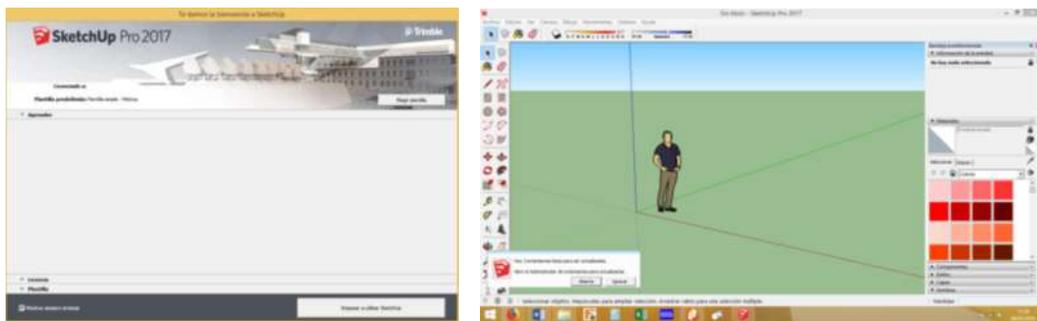
Es una nueva área de desarrollo tecnológico, es una manera de interactuar con el mundo real adoptando modelos muy útiles para explicar cosas que anteriormente solo se podría ver en una imagen 2D, sin interacción alguna. Se están desarrollando en las áreas de publicidad y marketing, y en campos como la medicina, ingeniería y arquitectura; donde la manipulación de modelos en 3D puede ser muy informativa. Un modelo en 3D sobre un marcador se muestra en la figura 26-2, donde se aprecia la mezcla de realidad con lo virtual.



**Figura 29-2:** Mezcla de la realidad con realidad aumentada  
**Fuente:** <https://ingenieriaaumentada.com/b5353-sintc3adtulo.png>

a. *Método del arte del modelo*

El arte del modelo consiste en figuras tridimensionales que contienen información necesaria para cumplir con los objetivos de la aplicación. La mayoría de modelos son en 3D pudiendo ser estos animados o no, también existen modelos en 2D con características similares a los de 3D. Para la creación de estos modelos se ha elegido el programa Sketch-Up 2017.



**Figura 30-2:** Espacio de trabajo del Software Sketch-Up 2017  
**Fuente:** Frías Jefferson, 2018

Las mejores ventajas de SketchUp 2017 convierten a este software, normalmente utilizado solo para levantar modelos conceptuales de una manera rápida y sencilla, en una herramienta con amplios alcances para los profesionales del modelado de estructuras. SketchUp Pro pretende convertirse prácticamente en la “extensión una mano” al ofrecer una interfaz más similar a un lápiz que a un pesado sistema informático. De esta manera, todo el trabajo parte de la imaginación y no existen casi restricciones para desarrollar prototipos. (Arts Digital Institute, 2016).

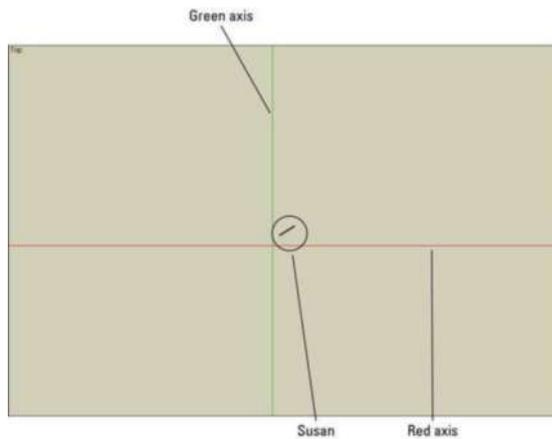
b. *Creación del modelo*

Si usted va utilizar Google SketchUp para dibujar un plano 2D, lo primero que tiene que hacer es orientar su punto de vista. Es más fácil de dibujar cuanto está justo encima de su trabajo, mirando hacia abajo en el plano de tierra. Usted también querrá asegurarse de que usted no está viendo las cosas en perspectiva, lo que distorsiona su visión de lo que tienes.

Si utilizas SketchUp Pro para importar un plano de otra pieza de software como AutoCAD o Vector Works, apreciará este enfoque, que permite, que permite tomar información 2D y 3D lo hace, independientemente de donde viene. (Maniquí, 2017).

Siga estos sencillos pasos para configurar cosas:

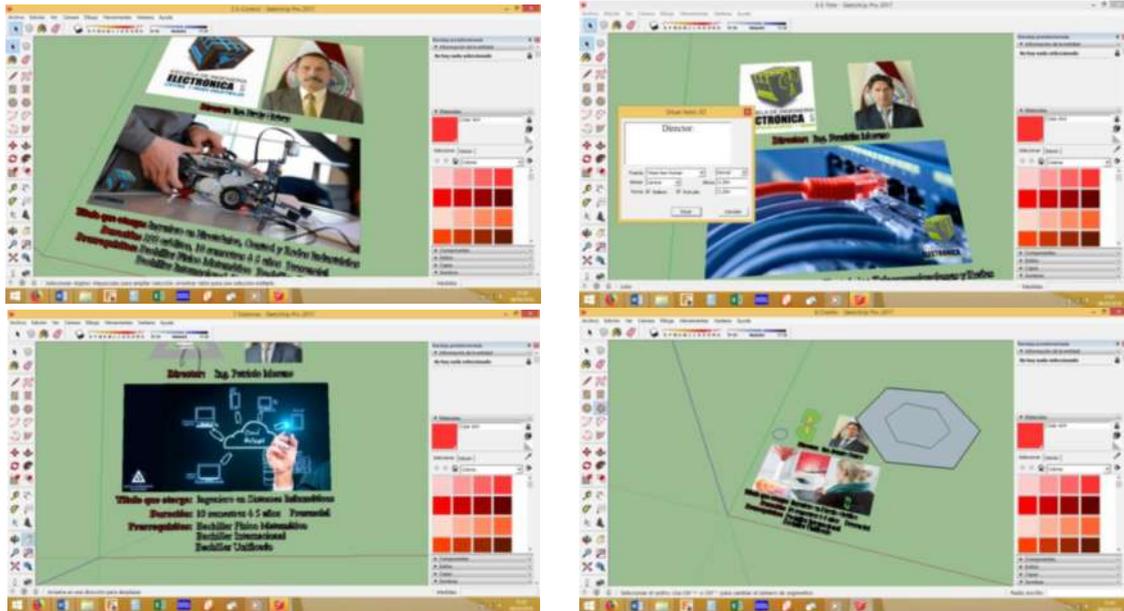
1. Crear un nuevo archivo de SketchUp.
2. Elija la cámara, Standard, Superior
3. Elija la cámara, proyección paralela.



**Figura 31-2:** Plano de trabajo Sketch UP  
Fuente: (Maniquí, 2017)

- Modelos creados a partir de Google SketchUp para aplicación en realidad aumentada utilizados en este proyecto.





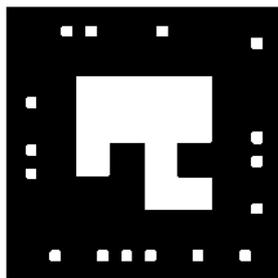
**Figura 32-2:** Modelos 3D realizados en el Software SketchUp para utilizarlos en RA  
**Fuente:** Frías Jefferson, 2018

### 2.6.2. Generación de Códigos QR y aplicación en Aumentaty Author

Los sistemas de Realidad Aumentada (RA) generalmente cuentan con marcadores, que es una imagen impresa o mostrada en un dispositivo de salida de video. De ser impresa esta puede contener información adicional del modelo de RA en el dorso de la misma.

Cuando se exhibe el marcador delante de un sistema de captura de imágenes que contenga la correspondiente aplicación RA; lo que hace el software, es montar la imagen virtual al marcador.

Para el correcto funcionamiento debe contener sistemas inerciales y ópticos que sean capaces de medir características como son la aceleración y la orientación; así como el ángulo de inclinación. De esta manera, el modelo cambiará su tamaño dependiendo de la distancia donde se ubique el marcador con respecto a la cámara, el modelo también tendrá que ser capaz de girar si el marcador gira y otras características de movimiento. (Rivadeneira Herrera, 2013).



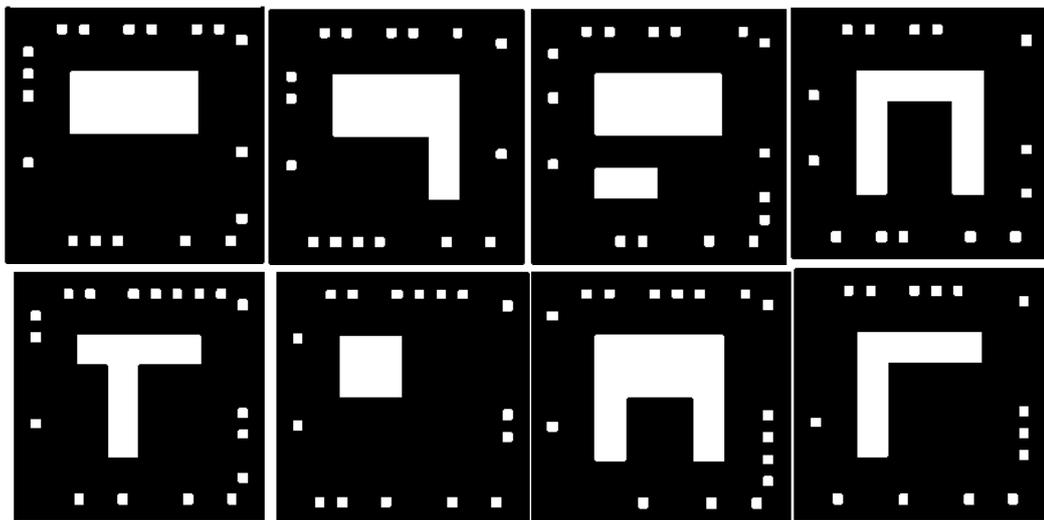
**Figura 33-2:** Marcador con elementos básicos  
**Fuente:** Aumentaty Author Software

Para desempeñar las respuestas a estas características el marcador debe ser asimétrico, tanto horizontal como verticalmente; del mismo modo, el marcador no debe ser tan complejo, ya que esto empeora el tiempo de respuesta del sistema, por lo que se sugiere que el marcador tenga elementos básicos.

Un marcador ideal es una figura cuadrada de alto contraste, en cuyo interior se encuentra el arte del marcador, lo que le diferencia del resto de marcadores y le proporciona la información necesaria a la aplicación para el procesamiento de la escena. (Rivadeneira Herrera, 2013).

*a. Códigos QR a utilizar*

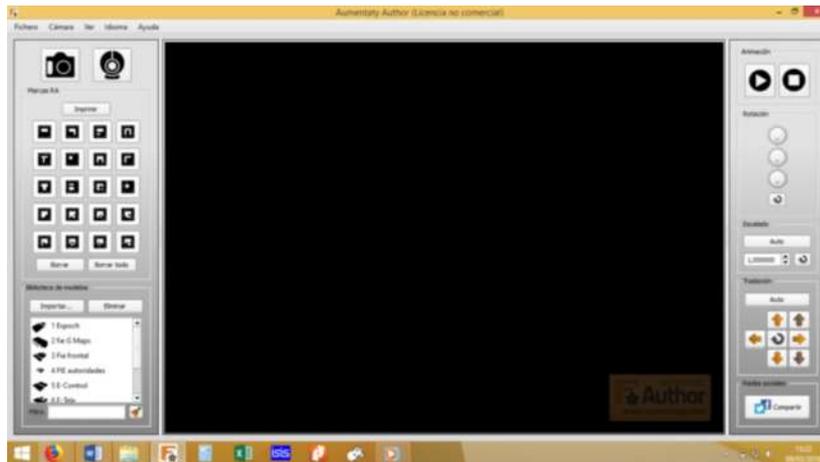
Los siguientes códigos QR predeterminados del programa Aumentaty Author previamente diseñados son los que utilizaremos para la aplicación de nuestro proyecto.



**Figura 34-2:** Códigos QR utilizados en la aplicación de RA  
Fuente: Aumentaty Author Software

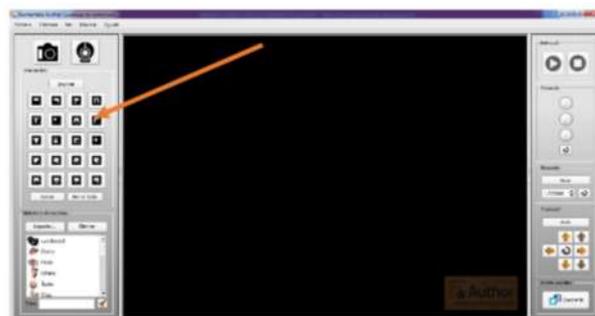
*b. Visualización de modelos 3D en el software de realidad aumentada Aumentaty Author*

Una vez creado el objeto animado tridimensional en el software SketchUp, se exporta el archivo en formato “.SKB” (para Windows). Seguido se procede a la descarga del software libre Aumentaty Author y procedemos a abrir.



**Figura 35-2:** Espacio de trabajo Aumentaty Author Software  
**Fuente:** Aumentaty Author Software

1. Al abrir Aumentaty Author se visualiza en la parte izquierda de la ventana una lista de códigos en blanco y negro (Códigos QR), llamadas Marcas RA, de las cuales se debe imprimir el código con el cual se va a trabajar.



**Figura 36-2:** Marcas RA Aumentaty Author Software  
**Fuente:** Aumentaty Author Software

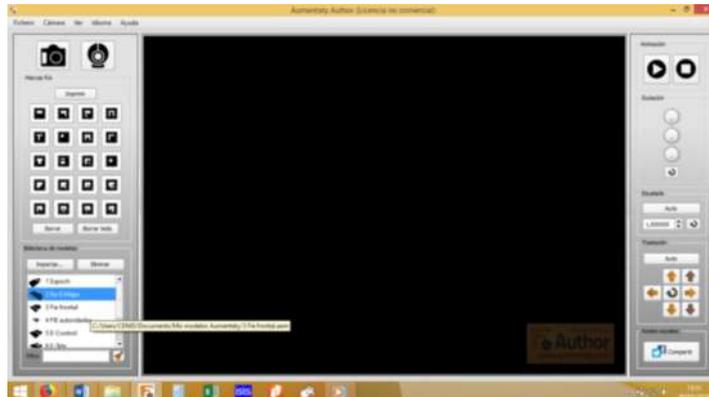
2. Para imprimir la Marca RA se selecciona la marca y se hace clic en imprimir, esta se abre automáticamente en un archivo con un formato .pdf y se procede a la impresión.



**Figura 37-2:** Códigos QR Marcas de RA  
**Fuente:** Aumentaty Author Software

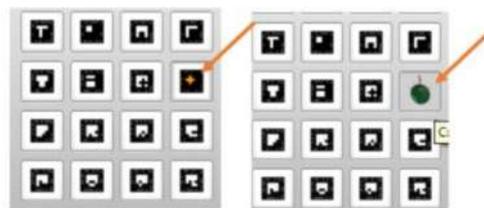
3. En la parte inferior izquierda de la ventana bajo las Marcas RA mencionadas en el punto anterior. Se presenta la Biblioteca de modelos, donde se encuentran las opciones de importar y

eliminar. Paso seguido se importa el archivo que se guardó previamente en formato “.skb”, dando clic en “importar”, se busca la dirección y se importa.



**Figura 38-2:** Importar archivo 3D – Aumentaty Author  
**Fuente:** Aumentaty Author Software

4. El archivo en formato “.skb”, se carga en la biblioteca una vez importado; lo seleccionamos manteniendo presionado el botón izquierdo y lo arrastramos desde la Biblioteca de modelos hacia Marca RA que se eligió; para este paso la Marca RA elegida ya debe estar impresa (La calidad de impresión debe ser buena, para que la cámara la reconozca sin ningún inconveniente). Una vez arrastrado el archivo a la marca, esta se torna de color naranja, esto indica que ya está cargada en ese código, para verificar si se cargó correctamente la marca pasamos el curso por encima de dicha marca de color naranja, y deberá aparecer el modelo importado.

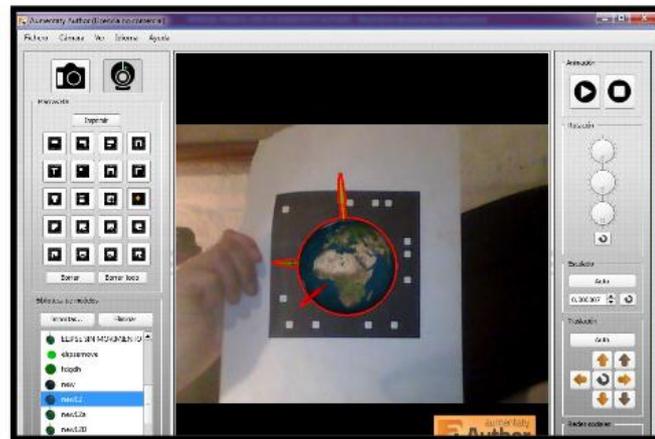


**Figura 39-2:** Carga del archivo skb en la biblioteca de modelos RA  
**Fuente:** Aumentaty Author Software

5. En la parte superior izquierda de Aumentaty Author se puede avizorar dos grandes íconos de los cuales se debe seleccionar el que active la webcam, al activarlo enfocamos la webcam hacia el código previamente impreso se podrá visualizar en la pantalla el objeto en realidad aumentada.

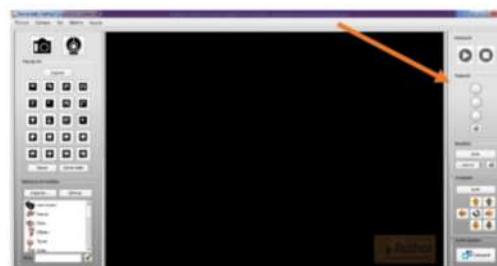


**Figura 40-2:** Activación de webcam Aumentaty Author  
**Fuente:** Aumentaty Author Software



**Figura 41-2: Proceso Cámara + RA**  
**Fuente:** Aumentaty Author Software

El software Aumentaty Author permite modificaciones sobre el objeto, tanto de la posición como del tamaño, las herramientas se encuentran en la parte derecha de la ventana del programa.



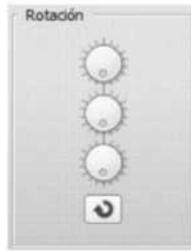
**Figura 42-2: Modificaciones de tamaño en Aumentaty Author**  
**Fuente:** Aumentaty Author Software

6. Si el objeto que cargamos anteriormente tiene alguna animación se activan los íconos de Play y Stop en la sección de Animación, estos ayudan a reproducir y detenerlo la animación respectivamente en la visualización realidad aumentada del objeto.



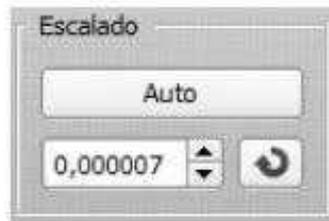
**Figura 43-2: Sección Animación Aumentaty Author Software**  
**Fuente:** (Carvajar Salvador, et al., 2015)

7. En la sección de Rotación se encuentran tres botones para la rotación del objeto, el primer botón ayuda a la rotación en el eje Y, el segundo botón permite a la rotación en el eje X, y el tercer botón la rotación en el eje Z; también se encuentra un ícono con una flecha circular que nos da la opción de deshacer los cambios realizados con estos modificadores.



**Figura 44-2:** Sección Rotación Aumentaty Author Software  
**Fuente:** (Carvajar Salvador, et al., 2015)

8. Además en esta misma zona encontramos las opciones de Escalado y la sección de Traslación en este mismo bloque de modificaciones. En la sección de escalado se puede visualizar un ícono con la palabra Auto que sirve para mantener al objeto con la misma escala de importación; también se puede modificar la escala con las flechas que se encuentran bajo el ícono auto, y por último el ícono con una flecha circular para deshacer los cambios realizados.



**Figura 45-2:** Sección Escalado Aumentaty Author Software  
**Fuente:** (Carvajar Salvador, et al., 2015)

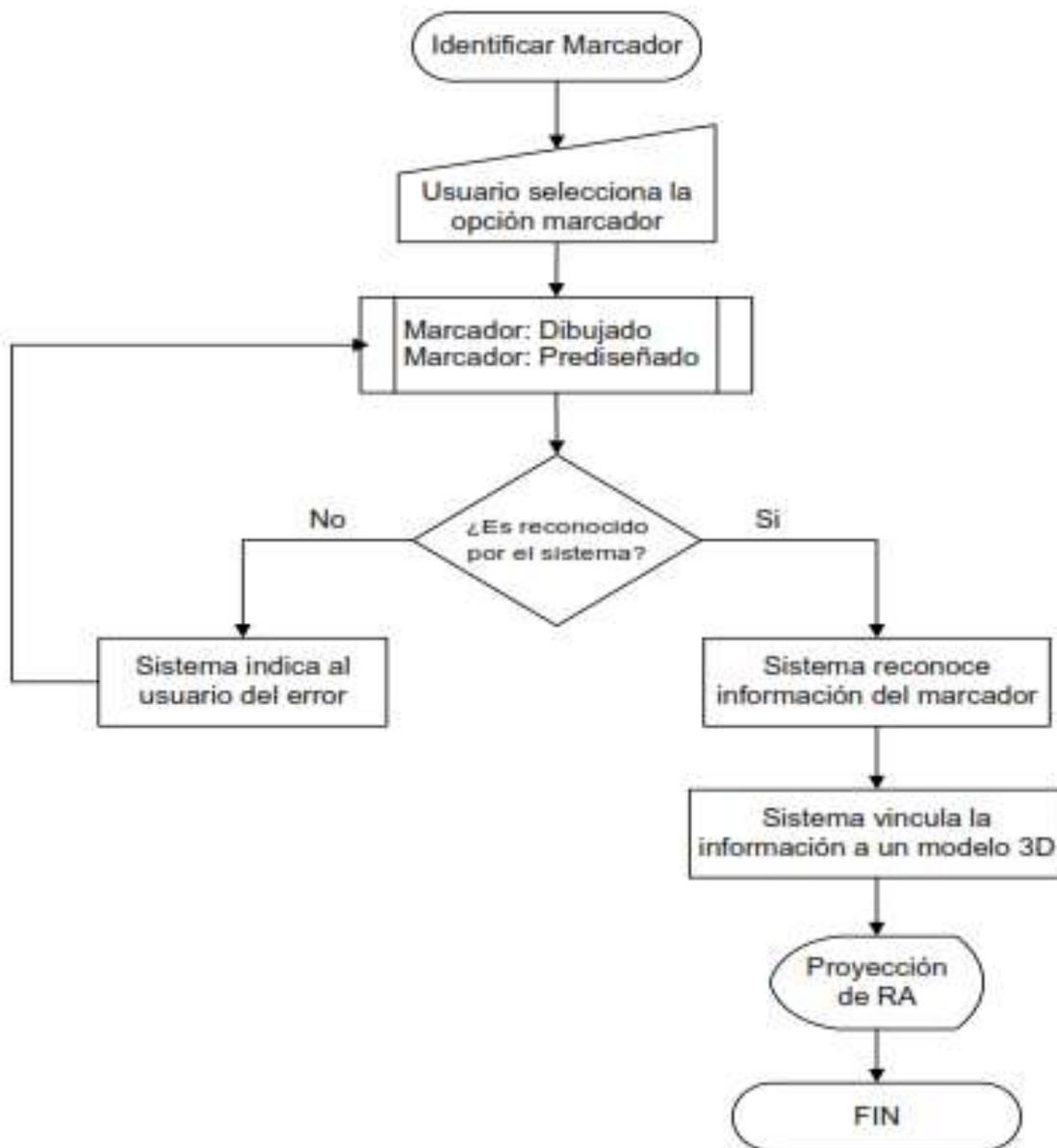
9. En la sección de Traslación se puede visualizar el ícono Auto que sirve para mantener al objeto con la misma posición de importación; también se observan flechas de color naranja que señalan a diferentes direcciones, cada flecha mueve al objeto hacia la dirección deseada. Las flechas de color gris ayudan a elevar y retroceder el objeto. (Carvajar Salvador, et al., 2015).



**Figura 46-2:** Sección Traslación Aumentaty Author Software  
**Fuente:** (Carvajar Salvador, et al., 2015)

c. *Diagrama de flujo del procesamiento del sistema de realidad aumentada*

El procedimiento que realiza el programa para la generación de realidad aumentada trabaja según el siguiente diagrama de flujo mostrado en la figura 44-2.



**Gráfico 3-2:**Diagrama de flujo Identificar Marcador

Fuente: Frías Jefferson, 2018

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

#### 3.1. Introducción

En este capítulo se aborda el análisis de los resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas para garantizar el cumplimiento de los requerimientos planteados al inicio de la investigación. Se realizaron pruebas de calibración del sensor, velocidad de los motores, ángulos de la cámara; así como las pruebas de comunicación inalámbrica, consumo de corriente y rendimiento de la batería. Se realizaron exposiciones y encuestas para ver el grado de aceptación y/o beneficio que brindará el prototipo.

#### 3.2. Evaluación del proyecto

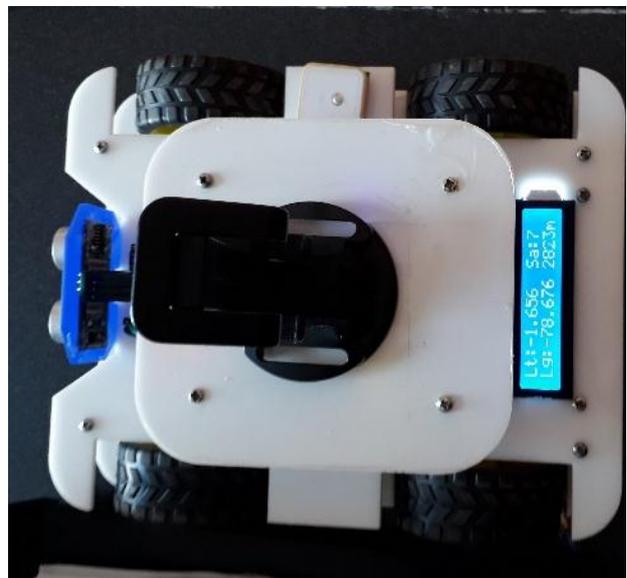
Como todo experimento de robótica, al finalizar la construcción del robot explorador, es necesario llevar a cabo pruebas para verificar el funcionamiento de los sistemas: estabilidad, comunicación, tracción y autonomía. Las pruebas se realizaron en todos los espacios posibles que permitan apreciar el funcionamiento del robot.

##### 3.2.1. *Ambiente de trabajo*

El prototipo robot móvil para monitoreo del edificio de la FIE-ESPOCH fue probado en un espacio abierto dentro del mismo, bajo las siguientes características.

### 3.2.2. Lugar de Pruebas

Los ensayos del robot móvil se realizaron en la ciudad de Riobamba en el edificio de la Facultad de Informática y Electrónica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo según coordenadas GPS (-1.6561, -78.676), a 2823msnm con una precisión de 7 satélites como se muestra en la figura 1-3.



**Figura 1-3:** Ubicación Satelital del lugar de prueba  
Fuente: Google Maps 2018

### 3.2.3. Características del terreno

El espacio utilizado para movilidad del robot explorador presenta una peculiaridad registrada en muchos de los edificios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo como: suelo de baldosa resbaladizo, además de escalones y paredes como se muestra en la figura 2-3.



**Figura 2-3:** Fachada interior edificio Facultad de Informática y Electrónica  
**Fuente:** Frías Jefferson, 2018

El robot móvil también puede deslizarse por los siguientes tipos de terreno:

- Suelo Arenoso
- Suelo lastrado.
- Suelos inclinados

En la figura 3-3 se muestra los diferentes tipos de terreno en los que se realizó las diferentes pruebas con el prototipo.



**Figura 3-3:** Robot Móvil en los diferentes tipos de terrenos  
**Fuente:** Frías Jefferson, 2018

#### ***3.2.4. Ubicación de la cabina principal de control***

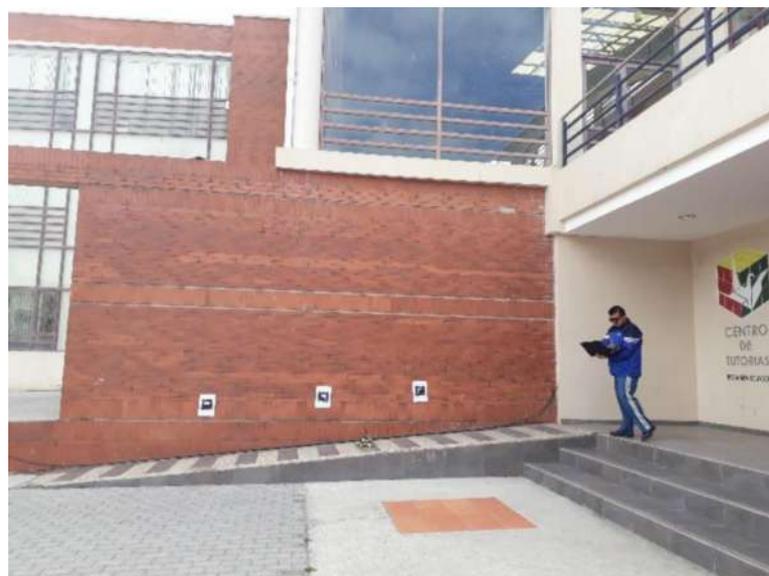
La ubicación de la base de control se ha determinado en la planta baja del edificio de la Facultad de Informática y Electrónica de la ESPOCH, en donde estará situado el Computador Principal y el Router Inalámbrico, como se muestra en la figura 4-3.



**Figura 4-3:** Ubicación de la cabina principal de control  
**Fuente:** Frías Jefferson, 2018

### 3.2.5. *Características de transmisión*

La transmisión inalámbrica desde la cabina principal de control hacia el dispositivo debe estar en línea recta sin interferencias; según las pruebas realizadas la distancia máxima es de 100 metros desde la cabina principal hacia la cámara wifi y 20 metros en comunicación bluetooth medidos desde el punto de ubicación central hacia cada dispositivo, como se muestra en la figura 5-3.



**Figura 5-3:** Prueba de transmisión con el prototipo  
**Fuente:** Frías Jefferson, 2018

### 3.3. Pruebas Generales del prototipo

Las pruebas realizadas al robot móvil fueron hechas en superficies lisas, planas e irregulares. Se hicieron evaluaciones a los movimientos, dirección y control de velocidad sobre los motores; además de las pruebas de comunicación bluetooth, conexión GPS y sensores.

#### 3.3.1. Prueba de nivel de aceptación del prototipo

Las pruebas de aceptación por el público ayudaron a visualizar el impacto que produce la aplicación del robot móvil y satisfacer sus expectativas. Es evidente e importante determinar qué nivel de satisfacción tiene el usuario en adquirir o armar un prototipo de este modelo. Para evaluar a los usuarios se hizo un análisis de manera directa, en la cual se obtiene la percepción, el proceso se dio en diferentes concursos de robótica como se muestra en la figura 6-3. La propuesta fue expuesta en dos concursos, en primer lugar en el Torneo Internacional UTABOT realizado en la Universidad Técnica de Ambato y la segunda en la participación del séptimo Concurso de Robótica UNACH 2017.



**Figura 6-3:** Exposición de la propuesta en Concursos de Robótica

Fuente: Frías Jefferson, 2018

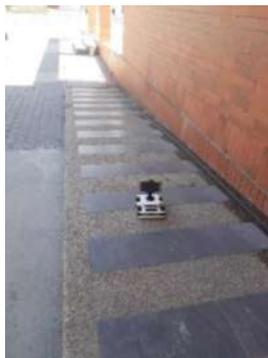
Durante los eventos se pudo exponer la idea al jurado y al público en general, el mismo que llamo la atención de: niños, jóvenes y adultos, donde manifestaron el grado de aceptación del prototipo.

### **3.3.2. *Autonomía del prototipo en el modo de tracción***

Se comprobó que el prototipo móvil responde satisfactoriamente a que está alimentado con 1 batería de 2.560 A a 11.1V, esta tensión es regulada a 5V para ser utilizada en la parte lógica TTL. Las características nombradas satisfacen las necesidades eléctricas para el funcionamiento del robot móvil, cuyos movimientos a realizar son: avanzar, retroceder, girar izquierda, girar derecha a cualquier velocidad.

### **3.3.3. *Estabilidad de la plataforma***

Fueron necesarias las pruebas de estabilidad para determinar si los elementos del robot móvil se encuentran firmes y en su posición. Se examinan también el comportamiento en otros terrenos diferentes, con una variación entre 0 y 10° aproximadamente. La figura 7-3 muestra el comportamiento del robot móvil sobre una plataforma inclinada situada en los exteriores del edificio de la FIE-ESPOCH.





**Figura 7-3:** Prueba de superficie inclinada en el edificio FIE-ESPOCH  
**Fuente:** Frías Jefferson, 2018

Para comprobar el desplazamiento del prototipo sobre el plano inclinado se utilizó la ecuación 1-3 para el cálculo del ángulo de inclinación.

$$a = \sin^{-1}\left(\frac{\text{cateto opuesto}}{\text{hipotenusa}}\right)$$

$$a = \sin^{-1}\left(\frac{87 [cm]}{575 [cm]}\right)$$

$$a = 8,703^{\circ}$$

**Ecuación1-3:** Cálculo de ángulo de Inclinación

**Fuente:** Jefferson Frías, 2018

### 3.3.4. *Análisis de descarga de la batería principal*

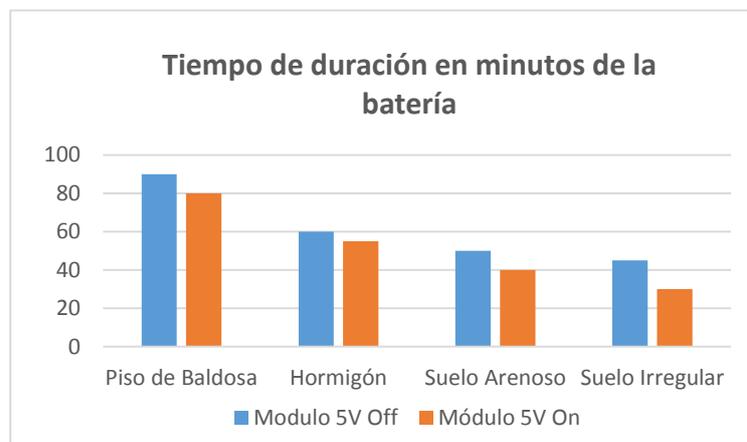
La autonomía de la batería dependerá directamente de la potencia necesaria para desplazarse y además del circuito cargador, realizado una evaluación de prueba-error sobre tiempo y una experimentación de descarga de la batería se obtuvo los siguientes valores como se muestra en la tabla 1-3.

**Tabla 1-3:** Tiempo de duración en minutos de la batería

| Tipo de terreno | Tiempo   | Módulo 5V |
|-----------------|----------|-----------|
| Piso de Baldosa | 90 [min] | Apagado   |
|                 | 80 [min] | En Uso    |
| Hormigón        | 60 [min] | Apagado   |
|                 | 55 [min] | En Uso    |
| Suelo Arenoso   | 50 [min] | Apagado   |
|                 | 40 [min] | En Uso    |
| Suelo irregular | 45 [min] | Apagado   |
|                 | 30 [min] | En uso    |

Realizado por: Jefferson Frías, 2018

Fuente: Autor



**Gráfico 1-3:** Tiempo de duración en [min] de la batería

Realizado por: Jefferson Frías, 2018

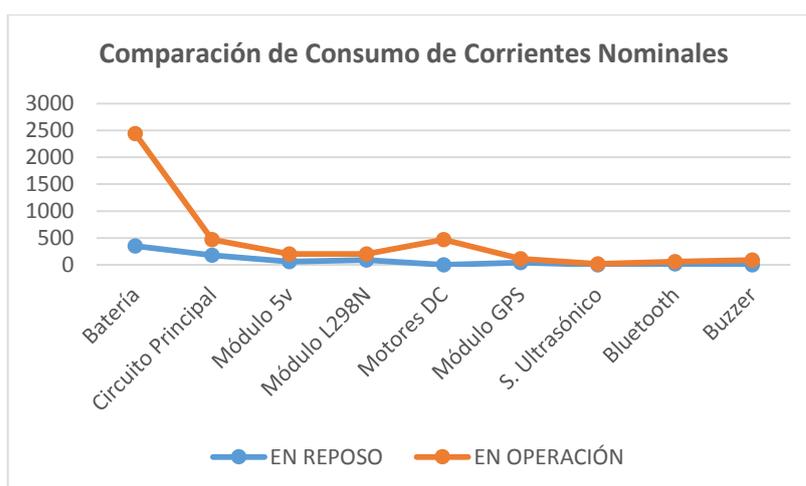
En el gráfico 1-3 se muestra el tiempo de duración en minutos de la batería realizados sobre 2 análisis de carga y descarga. Globalmente observamos que el prototipo móvil ofrece un mayor tiempo de funcionamiento cuando no está en uso el circuito alimentador de 5voltios para dispositivo móvil.

En el análisis de descarga se utilizó el modelo experimental, *prueba error*, el cual obtuvo los siguientes resultados que se muestran en la tabla 2-3.

**Tabla 2-3:** Corrientes Nominales de Trabajo en cada dispositivo en modo Operación/Reposo

| DISPOSITIVO                | EN OPERACIÓN | EN REPOSO |
|----------------------------|--------------|-----------|
| Batería Principal          | 1950 [mA]    | 365 [mA]  |
| Circuito Principal         | 290 [mA]     | 180 [mA]  |
| Módulo 5v                  | 140 [mA]     | 60 [mA]   |
| Módulo L298N<br>(Puente H) | 110 [mA]     | 90 [mA]   |
| Motores DC                 | 470 [mA]     | 0 [mA]    |
| GPS                        | 70 [mA]      | 40 [mA]   |
| Sensor Ultrasónico         | 15 [mA]      | 0 [mA]    |
| Bluetooth                  | 40 [mA]      | 20 [mA]   |
| Buzzer                     | 90 [mA]      | 0 [mA]    |

**Realizado por:** Jefferson Frías, 2018  
**Fuente:** Autor



**Gráfico 2-3:** Comparación de Consumo de Corrientes Nominales  
**Fuente:** Jefferson Frías, 2018

En el gráfico 2-3 se muestra el comparativo entre el consumo de la batería cuando el robot móvil está en reposo y en operación; mismo que arroja un resultado muy claro a tomar en consideración sobre el uso de los motores y el circuito alimentador de 5voltios para el dispositivo móvil, haciendo que tomemos en cuentas estas variables cuando se utilice el proyecto en general. Obteniendo así que se utiliza 365miliAmperios en estado de reposo, y alrededor de 1950miliamperios en estado operativo a nivel general.

### 3.3.5. Prueba del sistema de Comunicaciones

#### a. Wifi

Una manera de comprobar el estado de las comunicaciones inalámbricas WLAN, es utilizar el comando de Windows HYPERTERMINAL como se muestra en la figura 8-3.



```
Símbolo del sistema
Estadísticas de ping para 192.168.1.100:
  Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
  (<0% perdidos>),
  Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 3ms, Máximo = 994ms, Media = 336ms

C:\Users\GENID>ping 192.168.1.100

Haciendo ping a 192.168.1.100 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.100: bytes=32 tiempo=84ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.100: bytes=32 tiempo=98ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.100: bytes=32 tiempo=109ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.100: bytes=32 tiempo=123ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.1.100:
  Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
  (<0% perdidos>),
  Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 84ms, Máximo = 123ms, Media = 103ms

C:\Users\GENID>
```

**Figura 8-3:** Prueba de conexión Pc – Cámara wifi  
Fuente: Frías Jefferson, 2018

Los datos que se muestran en la tabla 3-3, son los resultados del análisis realizado en las pruebas de comunicación.

**Tabla 3-3:** Prueba de conexión Wifi a determinadas distancias

| DISTANCIA [m] | Conexión |
|---------------|----------|
| 15 [m]        | OK       |
| 30 [m]        | OK       |
| 50 [m]        | OK       |
| 65 [m]        | OK       |
| 70 [m]        | OK       |
| 80 [m]        | NOT OK   |

**Realizado por:** Jefferson Frías, 2018  
**Fuente:** Autor

De los datos obtenidos se pudo determinar que la distancia de comunicación ideal para la cámara wifi es de 65 metros, llegando a los 80 metros con ciertos tipos de problemas, según muestra el análisis de la tabla 3-3.

b. *Bluetooth*

Para la pruebas de conexión bluetooth del módulo HC-05 se obtuvieron valores que se muestran en la tabla 4-3.

**Tabla 4-3:** Prueba distancia de conexión Bluetooth

| DISTANCIA [m] | Conexión |
|---------------|----------|
| 7 [m]         | OK       |
| 12 [m]        | OK       |
| 15 [m]        | OK       |
| 20 [m]        | OK       |
| 24 [m]        | OK       |
| 28 [m]        | NOT OK   |

**Realizado por:** Jefferson Frías, 2018

**Fuente:** Autor

De los datos obtenidos se pudo determinar que la distancia de conexión ideal para el control de los movimientos del robot vía bluetooth es de 24, si el robot alcanza los 28 a 30 metros se pudo verificar que se perdía la conectividad, se llegó a esta conclusión gracias a los datos mostrados según la tabla 4-3.

**3.3.6. Pruebas del Software de control**

Para realizar la prueba de control en los movimientos del robot es necesario descargar la aplicación “ARDUINO BLUETOOTH RC CAR” en el dispositivo móvil. Desde la tienda Play Store para Android ó IOs Store en Apple, como se muestra en la figura 9-3.



**Figura 9-3:** Aplicación “Bluetooth RC CAR”

**Fuente:** Play Store, 2018

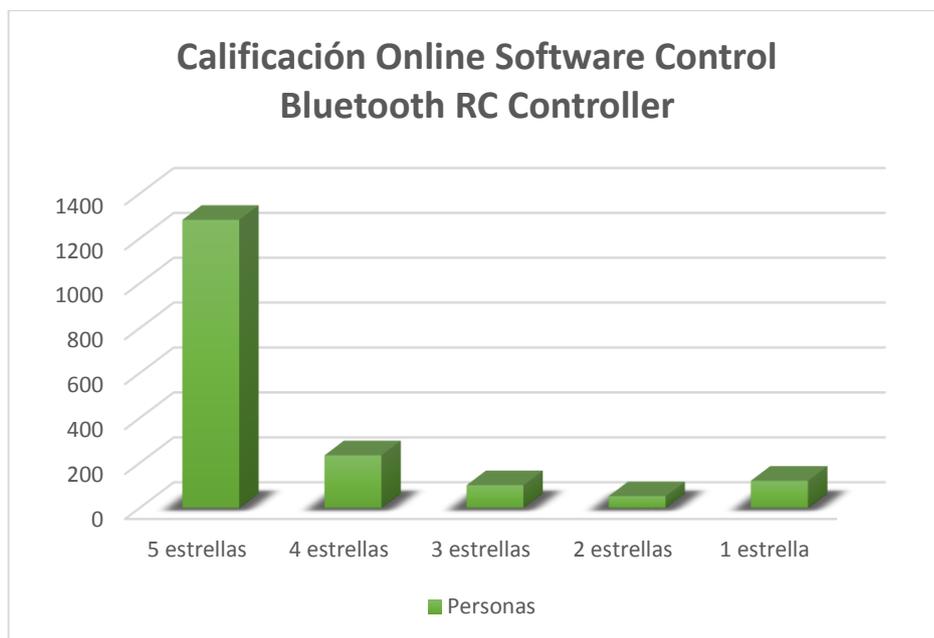
Según el análisis realizado sobre la popularidad del software en el internet, se pudo obtener los siguientes resultados, que se muestran en la tabla 5-3.

**Tabla 5-3:** Registro de calificación Software Arduino RC

| CALIFICACIÓN | PERSONAS |
|--------------|----------|
| 5 estrellas  | 1283     |
| 4 estrellas  | 234      |
| 3 estrellas  | 101      |
| 2 estrellas  | 52       |
| 1 estrella   | 121      |

Realizado por: Jefferson Frías, 2018

Fuente: <http://bit.ly/2FJ16MS>



**Gráfico 3-3:** Calificación Software Control Bluetooth RC Controller

Realizado por: Jefferson R. Frías M, 2018

En el gráfico 3-3, podemos observar la calificación del Software Control Bluetooth RC Controller en la central de descargas de Play Store, según la ilustración se puede verificar que dicho software tiene gran acogida en proyectos de control inalámbrico de prototipos móviles dentro del área de robótica educativa y de competición, se llegó a esta conclusión gracias a los datos mostrados según la tabla 5-3.

### 3.3.7. Prueba de la interfaz de Realidad Aumentada

La interfaz de usuario de “Aumentaty Author” permite la creación de contenido de Realidad Aumentada mediante un proceso de “arrastrar y soltar” archivos en formato .skb generados

desde el programa SketchUp 2017. Esta herramienta permite personalizar ciertos aspectos del modelo a visualizar como: rotación, traslación y tamaño. A continuación se verificó que los Marcadores (Códigos QR) mostraran la información y se obtuvo los siguientes resultados, los mismos que se muestran en la figura 10-3.



**Figura 10-3:** Información que se visualiza en la pantalla del computador por cada marcador  
Fuente: Frías Jefferson, 2018

Según las visualizaciones anteriores se pudieron verificar y comprobar las distancias mínimas, las mismas que se registran en la tabla 6-3 son las distancias mínimas para garantizar la visualización de la información almacenada dentro de cada marcador.

**Tabla 6-3:** Distancia mínima para visualización de información  
**MARCADOR** **DISTANCIA DE VISUALIZACIÓN**

|   |         |
|---|---------|
| 1 | 90 [cm] |
| 2 | 1 [m]   |
| 3 | 80 [cm] |
| 4 | 90 [cm] |
| 5 | 1 [m]   |
| 6 | 90 [cm] |
| 7 | 1 [m]   |
| 8 | 1 [m]   |

**Realizado por:** Jefferson Frías, 2018  
**Fuente:** Autor

Gracias a los datos mostrados en la tabla 6-3, se puede obtener un promedio mínimo para visualización de información, aproximado de 93.75 [cm]. En conclusión es necesario que exista esa distancia aproximada 93,75 [cm] entre el robot móvil y el código QR situado sobre la “pared” o superficie plana.



**Figura 11-3:** Medición distancia mínima Robot – Marcador  
**Fuente:** Jefferson Frías, 2018

### 3.4. Análisis económico para implementación del prototipo

Luego de la creación e implementación del prototipo final, en la tabla 7-3 se muestra el análisis de costos del proyecto en su totalidad.

**Tabla 7-3:** Análisis de costos del proyecto general

| CANTIDAD      | DETALLE                           | VALOR         |
|---------------|-----------------------------------|---------------|
| 1             | Laptop Ci7, 6Gb Ram, 1Tb HDD      | \$ 957        |
| 1             | Router Inalámbrico CISCO E2500    | \$80          |
| 1             | Módulo L298N                      | \$6           |
| 1             | Módulo Bluetooth HC-05            | \$8           |
| 1             | Arduino Pro mini                  | \$5           |
| 1             | Cable de Programación RS232       | \$7           |
| 1             | Módulo LCD incluido I2C           | \$12          |
| 1             | Módulo GPS-NEO                    | \$25          |
| 1             | Sensor Sharp de distancia 30cm    | \$15          |
| 1             | Cables Arduino                    | \$3           |
| 4             | Motores DC + Llanta de goma       | \$28          |
| 1             | Batería LiPo 3s 2.65 A            | \$45          |
| 1             | Estructura Acrílico               | \$20          |
| 1             | Elementos mecánicos               | \$10          |
| 1             | Kit Pan & Tilt – soporte de 2 GDL | \$7           |
| 1             | Elementos de diseño electrónico   | \$20          |
| <b>TOTAL:</b> |                                   | <b>\$1248</b> |

Realizado por: Jefferson Frías, 2018

Fuente: Autor



**Figura 12-3:** Prototipo final adjunto al computador central

Fuente: Jefferson Frías, 2018

## CONCLUSIONES

- El diseño e implementación del robot móvil controlado de forma remota, aplicado al monitoreo del edificio de la FIE en tiempo real utilizando Realidad Aumentada, cumple con todas las pruebas de funcionamiento que solicita este tipo de robot móvil como: transmisión de video en tiempo real, desplazamiento en todo tipo de terrenos en ambos casos mostrando la estabilidad solicitada.
- Gracias al aporte de la bibliografía disponible en la Red y en la Institución, se obtuvo información actualizada referente al tema de titulación actual, mismo que logró la finalización de la plataforma robótica móvil, dicho dispositivo tecnológico servirá como herramienta de monitoreo y apoyo para el personal en general.
- Se diseñó y construyó un prototipo de robot móvil controlado de forma remota que está compuesto por tres módulos: Módulo L298N que controla los motores para realizar los desplazamientos; el Módulo bluetooth y GPS que reciben señales para desplazamientos y además puntos exactos de posición dentro del globo terráqueo; finalmente el Módulo de Voltaje de 5v para ser utilizado como alimentación del celular, dispositivo que contiene la cámara wifi.
- Mediante el reconocimiento y procesamiento digital de imágenes, se implementaron marcadores en base a códigos QR que sirvieron para la interacción con los elementos en el software Aumentaty Author de Realidad Aumentada.

## RECOMENDACIONES

- El sistema de realidad aumentada necesita ciertos requerimientos, uno de ellos se considera necesario utilizar una cámara que posea una resolución de 720p (píxeles), dado que los objetos de realidad aumentada utilizan dicha referencia y los diseños 3D fueron realizados con dichas características además para lograr una fluidez de imágenes aceptable en las escenas de realidad aumentada, es recomendable utilizar un computador con un procesador Ci5 de tres núcleos, 8Gb Memoria RAM y un Disco duro de 1TeraByte.
- No se utilizó ningún cálculo matemático para determinar la estabilidad Cinemática y/o Dinámica del prototipo, únicamente se estableció mediante el método de prueba-error a base de la experimentación.
- El sistema en general funciona óptimamente bien en un ambiente con excelente iluminación, puesto que dicha característica es un factor que interviene directamente en el procesamiento de imágenes y reconocimiento del marcador dado que el programa reconoce cada píxel capturado.
- Para la trasmisión de datos a través del módulo Bluetooth, es recomendable trabajar con una velocidad de 9600 baudios ya que no posee inconveniente alguno al momento del envío de datos entre emisor a receptor; de la misma manera se garantiza una correcta comunicación de datos mientras se configure dentro del Router inalámbrico, IP estáticas, esto garantizará que el flujo de información entre la Cámara y PC sean directas.
- Es necesario para una siguiente actualización; agregar un sistema de almacenamiento automático de grabación en tiempo real para así disponer por el lapso de un tiempo videos que muestren el monitoreo que ha realizado el robot móvil sobre el espacio designado de trabajo.
- Dado las exigencias de posibles proyectos a futuro se podría utilizar mayor alcance en la comunicación del robot móvil, así por ejemplo utilizar el módulo NRF24L01+ de comunicación a 1km en datos y/o adquirir módems/routers inalámbricos de más alcance o a su vez utilizar las redes inalámbricas de los GADs municipales que actualmente brindan el servicio de internet a sus pobladores.

## BIBLIOGRAFÍA

**Angulo Usateguá, J. M.** *Introducción a la Robótica*. Madrid-España. Thomson. 2005. pp 5-15.

**Arduino.** Arduino Pro Mini. [En línea]. 2008. [Consulta: 2017-11-07]. Disponible en: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-pro-mini>

**AYALA LLIQUÍN, Elizabeth Magaly & URGILES RODRÍGUEZ, Bladimir Enrique.** Desarrollo de una Aplicación con Realidad Virtual y Aumentada como herramienta de aprendizaje del idioma Kichwa para niños. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 26-46. [Consulta: 2017-09-30]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/6739/1/18T00684.pdf>

**Barrientos, A.** *Fundamentos de Robótica*. 2ª. ed. Madrid-España. Mc-GrawHill. 2007. pp 3-25.

**Benítez Read, J, Rojas Ramirez, E. & Rivero Gutiérrez, T.** Sistema de Monitoreo Autónomo Basado en el Robot Móvil Khepera. [En línea]. 2007. [Consulta: 2017-12-29]. Disponible en: [http://amca.mx/memorias/amca2007/articulos/amca20.pdf?s\\_datos\\_Tema=14](http://amca.mx/memorias/amca2007/articulos/amca20.pdf?s_datos_Tema=14)

**Betech.** Mekamon, el robot que utiliza la realidad aumentada para combatir en tu salón. [En línea]. 2016. [Consulta: 2017-10-25]. Disponible en: [https://as.com/betech/2016/11/17/portada/1479417290\\_619932.html](https://as.com/betech/2016/11/17/portada/1479417290_619932.html)

**CAGUANA TIBÁN, Jimena del Rocío.** Pizarra Virtual usando Realidad Aumentada para el aprendizaje interactivo en la Unidad Educativa “Tirso de Molina”, de la Ciudad de Ambato. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. 2015. pp. 55-68. [Consulta: 2017-10-10]. Disponible en: [http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19371/1/Tesis\\_t1084si.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19371/1/Tesis_t1084si.pdf)

**Carletti, E.** Energía - Baterías para alimentación de Robots. [En línea]. 2010. [Consulta: 2017-11-16]. Disponible en: [http://robots-argentina.com.ar/Energia\\_baterias.htm](http://robots-argentina.com.ar/Energia_baterias.htm)

**Carvajar Salvador, T., Yanez Flores, A. & Tierra, A.** Manual de uso para el Software Aumentaty. [En línea]. 2015. [Consulta: 2018-03-03]. Disponible en: <http://geoespacial.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2015/09/MANUAL-REALIDAD-AUMENTADA.pdf>

**CHAMBA CRUZ Jonnathan Ismael & JARRÍN VALENCIA Sofía Lilian.** Diseño e Implementación de un Robot Hexápodo mediante Arduino Aplicado a la inspección de tuberías de alcantarillado en la ciudad de Riobamba. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 2015. pp. 23-40. [Consulta: 2017-11-20]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/4974/1/108T0142.docx>

**CHIMBO TAMAMI, Cristian David. & JIMÉNEZ CAIZA, Victor Hugo.** Investigación, Diseño e Implementación de un Sistema de Realidad Aumentada con Asistente Robótico para el Mejoramiento del Aprendizaje, Creatividad y Entretenimiento para niños de Educación Primaria. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Latacunga, Ecuador. 2017. pp. 60-75. [Consulta: 2018-02-25]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13448/1/T-ESPEL-MEC-0110.pdf>

**Dassault Systems,** Introducción a Solidworks. [En línea]. 2015. [Consulta:2018-02-21]. Disponible en: [http://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS\\_Introduction\\_ES.pdf](http://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_ES.pdf)

**DÁVALOS ARIAS, Daniel Francisco.** Desarrollo de publicidad utilizando realidad aumentada para estrenos cinematográficos en la ciudad de Riobamba. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 2014. pp. 50-55. [Consulta: 2017-10-13]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/3151/1/78T00126.pdf>

**Kinoni,** EposCam, usa tu móvil como una cámara web en el ordenador. [En línea]. 2012. [Consulta: 2017-12-20]. Disponible en: <https://www.tuexpertoapps.com/2012/02/15/epoccam-usa-tu-movil-como-una-camara-web-en-el-ordenador/>

**Martínez Campoblanco, Rafael.** Aplicaciones reales de Realidad Aumentada. [En línea]. 2013. [Consulta: 2017-12-10]. Disponible en: <http://glosariowebsem1b.wikispaces.com/Aplicaciones+reales+de+Realidad+Aumentada>

**Ministerio de Educación Argentina,** Tutorial de Sketch Up. [En línea]. 2015. [Consulta: 2018-01-02]. Disponible en: <http://www.tallertecno.com/sketchup/Tutorial-Sketchup-8.pdf>

**Naylamp Nechatronics,** Módulo GPS NEO-6M. [En línea]. 2016. [Consulta: 2017-11-20]. Disponible en: <http://www.naylampmechatronics.com/sensores-posicion-inerciales-gps/106-modulo-gps.html>

**Ollero Baturone, A.** *Robótica: Manipuladores y Robots Móviles.* 2da ed. Sevilla-España. Marcombo. 2001. pp. 15-40.

**Serrano, Ana.** Herramientas de desarrollo libres para aplicaciones de realidad aumentada con android. Análisis comparativo entre ellas. [En línea]. 2012. [Consulta: 2018-01-01]. Disponible en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/18028/Memoria\\_TFM\\_Ana\\_Serrano.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/18028/Memoria_TFM_Ana_Serrano.pdf?sequence=1)

**Subir Kumar, S.** *Introducción a la Robótica*. Nueva Delhi-India. Mc-GrawHill. 2010. pp. 30-75.

**TdRobótica**, Bateria LiPo 2200mAh 7.4V. [En línea]. 2015. [Consulta: 2017-11-20]. Disponible en: [http://tdrobotica.co/1894-thickbox\\_default/bateria-lipo-2200mah-74v.jpg](http://tdrobotica.co/1894-thickbox_default/bateria-lipo-2200mah-74v.jpg)

**Techlandia**, Actividades de Monitoreo de Seguridad Interna y Externa. [En línea]. 2007. [Consulta: 2017-12-31]. Disponible en: [https://techlandia.com/actividades-monitoreo-seguridad-interna-externa-info\\_194844/](https://techlandia.com/actividades-monitoreo-seguridad-interna-externa-info_194844/)

**Universidad de Sevilla**, Introducción a la Redes Inalámbricas. [En línea]. 2011. [Consulta: 2017-11-15]. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11761/fichero/Volumen1%252F5-Capítulo1+-+Introducción+a+las+redes+inalámbricas.pdf>

**Universidad del centro de Buenos Aires**. Arquitectura y Organización de un Microcontrolador Genérico. [En línea]. 2012. [Consulta: 2017-11-15]. Disponible en: [http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/tmicrocon/Material/1\\_introduccion\\_a\\_los\\_ucontroladores.pdf](http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/tmicrocon/Material/1_introduccion_a_los_ucontroladores.pdf)

**Vix**, Diferencias entre Realidad Aumentada y Realidad Virtual. [En línea]. 2016. [Consulta: 2017-11-20]. Disponible en: <https://www.vix.com/es/btg/tech/13396/diferencias-entre-realidad-aumentada-y-realidad-virtual>

**YASACA PUCUNA, Saul**. Impacto en la implementación de la tecnología de realidad aumentada móvil en la Escuela de Medicina–ESPOCH. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2015. pp. 20-37. [Consulta: 2017-10-20]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4538/1/20T00608.pdf>

## ANEXOS

### Anexo A: PROCESO DE ARMADO DEL ROBOT



**Anexo B: EXPOSICIONES AL PÚBLICO CON PROTOTIPO TERMINADO**



Exposición Torneo Internacional de Robótica UTABOT 2017



Exposición Torneo Internacional de Robótica UTABOT 2017



Exposiciones de Robótica, GAD Baños 2017



Jornadas de Robótica y Telecomunicaciones UNACH 2017



Exposición Universidad Técnica de Ambato 2018