

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



---

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE DESPLAZAMIENTO DE UNA  
SILLA DE RUEDAS BASADO EN EL PROCESADOR DE VOZ SPCE061A  
PARA EL CENTRO DE EDUCACIÓN Y REHABILITACIÓN  
SICOMOTRIZ CERSI – CHIMBOTE”**

---

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**ÁREA: AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**AUTOR:**

**Br. JESÚS DANIEL OCAÑA VELÁSQUEZ**

**ASESOR:**

**ING. LUÍS ALBERTO VARGAS DÍAZ**

**TRUJILLO – 2013**

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE DESPLAZAMIENTO DE UNA SILLA DE RUEDAS BASADO EN EL PROCESADOR DE VOZ SPCE061A PARA EL CENTRO DE EDUCACIÓN Y REHABILITACIÓN SICOMOTRIZ CERSI – CHIMBOTE”

**AUTOR:**

---

**Br. Jesús Daniel Ocaña Velásquez**

**APROBADO POR:**

---

**Ing. Saúl Noé Linares Vertiz**  
**PRESIDENTE**  
**CIP 142213**

---

**Ing. Víctor Manuel Calderón Reaño**  
**SECRETARIO**  
**CIP 74390**

---

**Ing. Lenin Humberto Llanos León**  
**VOCAL**  
**CIP 139213**

---

**Ing. Luis Alberto Vargas Díaz**  
**ASESOR**  
**CIP 104175**

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

Cumpliendo con los requisitos estipulados con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, para optar el Título de Ingeniero Electrónico, someto a vuestra consideración el trabajo de investigación Titulada: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE DESPLAZAMIENTO DE UNA SILLA DE RUEDAS BASADO EN EL PROCESADOR DE VOZ SPCE061A PARA EL CENTRO DE EDUCACIÓN Y REHABILITACIÓN SICOMOTRIZ CERSI – CHIMBOTE”**.

El presente trabajo de investigación es el resultado de mi mejor esfuerzo, donde se ha plasmado los conocimientos y experiencia adquirida a lo largo de mi formación profesional, complementados con la orientación de aquellas personas que me asesoraron y durante el desarrollo del presente trabajo.

Gracias

---

Br. Jesús Daniel Ocaña Velásquez

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi amada esposa, por su apoyo y ánimo que me brinda día a día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.

A mis adorados hijos Astrid Naydu y Brandon Daniel, a quienes siempre cuidaré para verlos hechos personas capaces y que puedan valerse por sí mismos.

A mis amigos, a quienes agradezco el apoyo y regaños por aprovechar un poco de tiempo del trabajo para elaborar la tesis.

Jesús

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios todo poderoso, que guio mis pasos en los momentos difíciles y está siempre conmigo.

Un agradecimiento muy especial a mi amada esposa, Rocío Gutiérrez Rubio que quiero tanto en mi vida, por estar siempre aconsejándome y dándome fuerzas de superación.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

Jesús Ocaña Velásquez

# ÍNDICE

|                        |      |
|------------------------|------|
| PRESENTACIÓN.....      | ii   |
| DEDICATORIA.....       | iii  |
| AGRADECIMIENTO.....    | iv   |
| ÍNDICE.....            | v    |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xii  |
| ÍNDICE DE TABLAS.....  | xv   |
| RESUMEN.....           | xvii |
| ABSTRACT.....          | xix  |
| INTRODUCCIÓN.....      | xx   |

## CAPITULO I

|   |          |
|---|----------|
| <b>DATOS GENERALES DEL PROYECTO .....</b> | <b>1</b> |
| 1.1.Descripción del problema.....         | 2        |
| 1.2.Selección del problema.....           | 4        |
| 1.3.Formulación del problema.....         | 5        |
| 1.4.Justificación.....                    | 5        |
| 1.5.Antecedentes .....                    | 5        |
| 1.6.Hipótesis.....                        | 9        |
| 1.7. Objetivos.....                       | 11       |
| 1.7.1. Objetivo General.....              | 11       |
| 1.7.2. Objetivos Específicos.....         | 11       |

## CAPITULO II

|  |    |
|--|----|
| <b>FUNDAMENTO TEÓRICO</b> .....                                | 12 |
| 2.1. Discapacidad Física .....                                 | 13 |
| 2.1.1. Cuadriplejia.....                                       | 13 |
| 2.1.2. Paraplejia.....   | 13 |
| 2.1.3. Triplejia.....  | 13 |
| 2.2. Discapacidad en el Perú.....                              | 14 |
| 2.2.1. Información de discapacidad a nivel nacional.....       | 16 |
| 2.2.1.1. Población discapacitada por edad y sexo.....          | 16 |
| 2.2.1.2. Tipo de discapacidad según sexo.....                  | 19 |
| 2.3. Naturaleza de la señal vocal.....                         | 21 |
| 2.3.1. Fonología y fonética.....                               | 22 |
| 2.3.2. Elementos del aparato fonatorio.....                    | 22 |
| 2.3.3. Articulación de los sonidos vocales.....                | 24 |
| 2.3.4. Clasificación de los sonidos de la voz.....             | 26 |
| 2.3.4.1. Vocales y consonantes.....                            | 26 |
| 2.3.4.2. Oralidad y nasalidad.....                             | 26 |
| 2.3.4.3. Tonalidad.....  | 27 |
| 2.3.4.4. Lugar y modo de articulación (consonantes).....       | 27 |
| 2.3.4.5. Posición de los órganos articulatorios (vocales)..... | 30 |
| 2.3.4.6. Duración.....   | 31 |
| 2.3.4.7. Alfabeto fonético internacional.....                  | 31 |
| 2.3.5. Análisis acústico elemental.....                        | 32 |
| 2.3.6. Digitalización de la señal de voz.....                  | 33 |
| 2.3.7. Codificación de voz.....                                | 34 |
| 2.3.7.1. Codificadores de forma de onda.....                   | 35 |
| 2.3.7.2. Codificadores Paramétricos.....                       | 35 |
| 2.3.8. Modulación por impulsos codificados.....                | 36 |
| 2.3.8.1. Etapas del Sistema.....                               | 38 |
| 2.4. Reconocimiento de voz.....                                | 39 |
| 2.4.1. Tecnologías del reconocimiento de voz.....              | 40 |
| 2.4.1.1. Identificación del Locutor.....                       | 40 |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 2.4.1.2. | Verificación del Locutor.....   | 40 |
| 2.4.1.3. | Reconocimiento del Habla.....   | 41 |
| 2.5.     | Técnicas de reconocimiento del habla.....                                   | 41 |
| 2.5.1.   | Alineamiento temporal dinámico (DTW).....                                   | 41 |
| 2.5.1.1. | Descripción del alineamiento temporal dinámico.....                         | 42 |
| 2.5.2.   | Modelos Ocultos de Markov (MOM).....  | 45 |
| 2.5.2.1. | Elementos de un MOM.....  | 47 |
| 2.5.2.2. | Problemas básicos para un MOM.....  | 50 |
| 2.5.3.   | Redes Neuronales Artificiales.....  | 52 |
| 2.5.3.1. | Definición de una red neuronal.....   | 52 |
| 2.5.3.2. | Ventajas de las redes neuronales.....                                       | 53 |
| 2.5.3.3. | Comparación entre las redes neuronales y los computadores<br>Digitales..... | 54 |
| 2.5.3.4. | Aplicaciones de las redes neuronales.....                                   | 55 |
| 2.5.3.5. | Fundamento de las redes neuronales.....                                     | 56 |
| 2.6.     | Módulo de Reconocimiento de Voz.....  | 58 |
| 2.6.1.   | Características del módulo de reconocimiento de voz AU_VOI_REC_00A...       | 59 |
| 2.6.2.   | Microcontrolador SPCE061A.....  | 70 |
| 2.6.2.1. | Diagrama en bloques del microcontrolador SPCE061A.....                      | 71 |
| 2.6.2.2. | Características del microcontrolador SPCE061A.....                          | 72 |
| 2.6.2.3. | Campo de aplicación.....  | 73 |
| 2.7.     | Microcontrolador PIC 16f877A.....   | 73 |
| 2.7.1.   | Características básicas del PIC 16F877A.....                                | 74 |
| 2.7.2.   | Descripción de pines.....   | 75 |
| 2.8.     | Control de una silla de ruedas eléctricas.....                              | 76 |
| 2.8.1.   | Estructura.....   | 77 |
| 2.8.2.   | Control por velocidad.....  | 78 |
| 2.8.3.   | Control de trayectoria.....   | 79 |
| 2.8.3.1. | Movimientos.....  | 79 |
| 2.8.3.2. | Rampas, cuestas y bajadas.....  | 81 |
| 2.8.3.3. | Descender o ascender.....   | 81 |
| 2.8.3.4. | Inclinación máxima recomendada.....   | 82 |

|  |    |
|--|----|
| 2.8.4. Componentes de la silla de ruedas eléctrica.....                        | 82 |
| 2.9. Programa Proteus 7 Profesional.....                                       | 83 |
| 2.9.1. El programa Isis.....   | 83 |
| 2.9.2. El programa Ares.....   | 84 |
| 2.10. Lenguaje de programación PicBasic Pro.....                               | 84 |
| 2.10.1. Programa MicroCode Studio.....   | 84 |
| 2.11. Metodología.....   | 86 |
| 2.11.1. Tipo de investigación.....   | 86 |
| 2.11.2. Método de investigación.....   | 86 |
| 2.11.3. Técnica de validación: juicio de expertos o validación por jueces..... | 86 |
| 2.11.4. Etapas de la metodología.....  | 86 |
| 2.11.5. Flujo del proceso de diseño .....                                      | 89 |
| 2.11.6. Instrumentos.....  | 89 |

### **CAPÍTULO III**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS.....</b>                                 | <b>91</b> |
| 3.1. Centro de Educación y Rehabilitación Sicomotriz Infantil - CERSI..... | 92        |
| 3.1.1. Misión.....   | 92        |
| 3.1.2. Perfil de la Empresa.....   | 93        |
| 3.1.3. Descripción.....  | 93        |
| 3.1.4. Información General.....  | 93        |
| 3.1.5. Organigrama de CERSI.....   | 94        |
| 3.1.6. Número de pacientes atendidos en CERSI.....                         | 95        |
| 3.1.7. Requerimientos de diseño.....                                       | 97        |
| 3.2. Sistema de reconocimiento de voz.....                                 | 121       |
| 3.3. Análisis de la silla de ruedas.....                                   | 122       |
| 3.3.1. Calculo de la fuerza máxima en una superficie plana.....            | 123       |
| 3.3.2. Calculo de la fuerza máxima en una superficie ascendente.....       | 125       |
| 3.3.3. Calculo de la fuerza máxima en una superficie descendente.....      | 128       |
| 3.4. Análisis de los motores DC a utilizar.....                            | 129       |

|  |     |
|--|-----|
| 3.4.1. Calculo de la potencia de los motores DC.....         | 129 |
| 3.4.2. Calculo de la corriente de cada motor DC.....         | 130 |
| 3.5. Selección de la batería.....                            | 131 |
| 3.5.1. Criterios de selección de la batería.....             | 132 |
| 3.6. Selección del sistema de reconocimiento de voz.....     | 134 |
| 3.7. Selección del microcontrolador PIC.....                 | 135 |
| 3.8. Selección del joystick.....                             | 136 |
| 3.8.1. Características del joystick.....                     | 136 |
| 3.9. Selección de la etapa de potencia para los motores..... | 137 |
| 3.9.1. Características del IFI VEX PRO VICTOR 884.....       | 138 |

## **CAPÍTULO IV**

|   |            |
|---|------------|
| <b>DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.....</b>                                     | <b>139</b> |
| 4.1. Diseño de hardware de control.....                                       | 140        |
| 4.1.1. Descripción del circuito de control.....                               | 140        |
| 4.1.2. Diseño del circuito de Reset y oscilador del microcontrolador PIC..... | 141        |
| 4.1.3. Diseño del circuito del teclado matricial.....                         | 143        |
| 4.1.4. Diseño del circuito del LCD.....                                       | 147        |
| 4.1.5. Circuito selector del modo de operación de la silla de ruedas.....     | 147        |
| 4.1.6. Circuito detector de batería baja y batería cargada.....               | 151        |
| 4.1.6.1. Calculo de voltaje de referencia a batería cargada.....              | 152        |
| 4.1.6.2. Calculo de voltaje de referencia a batería descargada.....           | 153        |
| 4.1.7. Circuito cargador automático de batería.....                           | 154        |
| 4.1.7.1. Calculo del control del relé.....                                    | 155        |
| 4.1.7.2. Calculo del cargador de batería.....                                 | 157        |
| 4.1.7.3. Calculo de la resistencia limitadora del LED.....                    | 159        |
| 4.1.8. Circuito de aviso.....   | 160        |
| 4.1.9. Diseño del interfaz de usuario.....                                    | 161        |
| 4.1.10. Diseño de la fuente de poder.....                                     | 162        |

|  |     |
|--|-----|
| 4.1.11. Hardware del sistema de control.....                 | 164 |
| 4.1.12. Hardware del cargador de batería.....                | 166 |
| 4.2. Diseño de software de control.....                      | 168 |
| 4.2.1. Controlador integrado programable PIC.....            | 168 |
| 4.2.2. Activación de los motores.....                        | 169 |
| 4.2.3. Programación general del sistema de control.....      | 171 |
| 4.2.3.1. Diagrama de flujo del programa general.....         | 171 |
| 4.2.3.2. Diagrama de flujo de lectura de batería.....        | 174 |
| 4.2.3.3. Diagrama de flujo modo de selección.....            | 175 |
| 4.2.3.4. Diagrama de flujo modo manual.....                  | 177 |
| 4.2.3.5. Diagrama de flujo leer joystick.....                | 180 |
| 4.2.3.6. Diagrama de flujo VICTOR 1.....                     | 181 |
| 4.2.3.7. Diagrama de flujo VICTOR 2.....                     | 182 |
| 4.2.3.8. Diagrama de flujo modo configuración.....           | 183 |
| 4.2.3.9. Diagrama de flujo cambiar de velocidad.....         | 185 |
| 4.2.3.10. Diagrama de flujo cambiar de nivel de batería..... | 187 |
| 4.2.3.11. Diagrama de flujo cargar batería.....              | 188 |
| 4.2.3.12. Diagrama de flujo modo por voz.....                | 191 |
| 4.2.3.13. Diagrama de flujo teclado.....                     | 194 |
| 4.3. Pruebas de Simulación.....                              | 196 |
| 4.3.1. Simulación modo de selección.....                     | 196 |
| 4.3.2. Simulación modo manual.....                           | 197 |
| 4.3.3. Simulación modo configuración.....                    | 198 |
| 4.3.4. Simulación modo por voz.....                          | 201 |

## **CAPÍTULO V**

|   |            |
|---|------------|
| <b>ANÁLISIS ECONÓMICO.....</b>                  | <b>204</b> |
| 5.1. Costos.....                                | 205        |
| 5.1.1. Costos de la fuente de alimentación..... | 205        |
| 5.1.2. Costos de la etapa de potencia.....      | 206        |
| 5.1.3. Costos de la tarjeta principal.....      | 207        |
| 5.1.4. Costos del cargador de batería.....      | 208        |

|   |            |
|---|------------|
| 5.1.5. Costos del elemento demando.....                             | 209        |
| 5.1.6. Costos de elementos adicionales.....                         | 209        |
| 5.1.7. Costos total del sistema.....                                | 210        |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>                          | <b>211</b> |
| Conclusiones.....   | 212        |
| Recomendaciones.....  | 213        |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                              | <b>214</b> |
| <b>ENLACE WEB DE CONSULTA.....</b>                                  | <b>215</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>  | <b>217</b> |
| Anexo 1: Microprocesador SPCE061A.....                              | 218        |
| Anexo 2: Modulo de Reconocimiento de voz AU_VOI_REC_00A.....        | 227        |
| Anexo 3: IFI VEX PRO VICTOR 884.....                                | 236        |
| Anexo 4: Joystick de 2 ejes # 27800.....                            | 239        |
| Anexo 5: Código Fuente del Programa para el sistema de control..... | 242        |
| Anexo 6: Preguntas de encuesta.....                                 | 250        |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Fig. N° 2.1. Pirámide de discapacidad a nivel nacional.....   | 17 |
| Fig. N° 2.2. Distribución de la población discapacitada según departamentos.....                    | 17 |
| Fig. N° 2.3. Distribución de la población discapacitada por área urbana y rural y sexo...           | 18 |
| Fig. N° 2.4. Ciudades con mayor número de población discapacitada.....                              | 18 |
| Fig. N° 2.5. Población discapacitada por tipo de discapacidad.....                                  | 19 |
| Fig. N° 2.6. Población discapacitada según tipo de discapacidad y sexo.....                         | 20 |
| Fig. N° 2.7. Aparato fonatorio.....   | 23 |
| Fig. N° 2.8. Otra representación del sistema fonatorio.....   | 24 |
| Fig. N° 2.9. Clasificación de los codificadores de voz.....   | 34 |
| Fig. N° 2.10. Muestreo y cuantificación de una onda senoidal (roja) en código PCM<br>de 4-bits..... | 36 |
| Fig. N° 2.11. Diagrama de modulación PCM.....   | 37 |
| Fig. N° 2.12. Señales obtenidas en el proceso PCM.....  | 37 |
| Fig. N° 2.13. Comparación entre la distancia euclidiana y el alineamiento temporal.....             | 42 |
| Fig. N° 2.14. Alineamiento temporal entre dos series temporales.....                                | 43 |
| Fig. N° 2.15. Matriz de costo y distancia mínima para el camino de alineación.....                  | 44 |
| Fig. N° 2.16. Modelo de urna y bolas con n-estados.....   | 47 |
| Fig. N° 2.17. Forma de una neurona.....   | 56 |
| Fig. N° 2.18. Ejemplo de una red neuronal artificial.....   | 57 |
| Fig. N° 2.19. Sistema Neuronal Artificial.....  | 57 |
| Fig. N° 2.20. Módulo de Reconocimiento de Voz, Modelo: AU_VOI_REC_00A.....                          | 58 |
| Fig. N° 2.21. Instalación para grabación del Módulo AU_VOI_REC_00A.....                             | 64 |
| Fig. N° 2.22. Bloques de instrucciones de voz del Módulo AU_VOI_REC_00A.....                        | 65 |
| Fig. N° 2.23. Administrador de dispositivos - Puertos COM.....                                      | 66 |
| Fig. N° 2.24. Verificación de la instalación del convertidor TTL.....                               | 67 |
| Fig. N° 2.25. Esquema de conexión del módulo inversor.....  | 67 |
| Fig. N° 2.26. Configuración del puerto COM.....   | 68 |
| Fig. N° 2.27. La comunicación con el módulo de voz.....   | 69 |
| Fig. N° 2.28. Esquema de conexión del módulo de voz con Arduino.....                                | 70 |

|  |     |
|--|-----|
| Fig. N° 2.29. Microcontrolador SPCE061A.....   | 71  |
| Fig. N° 2.30. Diagrama de bloques del microcontrolador SPCE061A.....                                       | 71  |
| Fig. N° 2.31. Microcontrolador PIC16F877A.....   | 73  |
| Fig. N° 2.32 Pines del Microcontrolador PIC 16F877A.....   | 75  |
| Fig. N° 2.33. Controlador de una silla de ruedas.....  | 77  |
| Fig. N° 2.34. Controlador de una silla de ruedas con control de velocidad.....                             | 78  |
| Fig. N° 2.35. Tipos de movimientos.....  | 80  |
| Fig. N° 2.36. Grados de Inclinación máximos recomendados.....  | 81  |
| Fig. N° 2.37. Silla de Ruedas Eléctrica Power izzyGoP1.....  | 81  |
| Fig. N° 2.38. Pantalla principal de ISIS.....  | 83  |
| Fig. N° 2.39. Pantalla principal de MicroCode Studio.....  | 85  |
| Fig. N° 2.40. Diagrama de Flujo del proceso de diseño.....   | 89  |
| Fig. N° 3.1. Fachada de la Institución CERSI.....  | 92  |
| Fig. N° 3.2. Organigrama de la institución CERSI.....  | 94  |
| Fig. N° 3.3. Estadísticas de atención CERSI 2009 – 2011.....   | 95  |
| Fig. N° 3.4. La discapacidad en CERSI.....   | 98  |
| Fig. N° 3.5. Capacidad para comandar con la voz.....   | 99  |
| Fig. N° 3.6. Las sillas de ruedas, generan dolor en las extremidades superiores y espalda....              | 101 |
| Fig. N° 3.7. Usar la silla de ruedas controladas por voz.....  | 103 |
| Fig. N° 3.8. Le falta fuerza en la parte superior del cuerpo y/o habilidad de moverse por<br>sí mismo..... | 105 |
| Fig. N° 3.9. Requiere de un ayudante para su desplazamiento.....   | 107 |
| Fig. N° 3.10. Sistema de freno de la silla de ruedas.....  | 109 |
| Fig. N° 3.11. Ocurrencias en los últimos meses.....  | 111 |
| Fig. N° 3.12. Pacientes encuestados en CERSI.....  | 113 |
| Fig. N° 3.13 Peso por edad de niños de 5 a 14 años.....  | 115 |
| Fig. N° 3.14 Peso por edad de los jóvenes y adultos.....   | 117 |
| Fig. N° 3.15. Diagrama de bloques del sistema.....   | 121 |
| Fig. N° 3.16. Silla de Ruedas Estándar quemado al horno.....   | 122 |
| Fig. N° 3.17. Superficie Plana.....  | 123 |
| Fig. N° 3.18. Superficie Pendiente Ascendente.....   | 127 |
| Fig. N° 3.19. Superficie Pendiente Descendente.....  | 128 |

|  |     |
|--|-----|
| Fig. N° 3.20. Motor ElectroCraft MobilePower.....                                  | 131 |
| Fig. N° 3.21. Batería CAPSA 24DP.....  | 134 |
| Fig. N° 3.22. Módulo de Reconocimiento de Voz AU_VOI_REC_00A.....                  | 135 |
| Fig. N° 3.23. Microcontrolador PIC 16F877A.....                                    | 135 |
| Fig. N° 3.24. El joystick de 2 ejes #27800.....                                    | 137 |
| Fig. N° 3.25. Módulo de potencia IFI VEX pro Victor 884.....                       | 138 |
| Fig. N° 4.1 Detalle de conexión de los pines del Microcontrolador PIC 16F877A..... | 141 |
| Fig. N° 4.2 Circuito Reset y Oscilador Microcontrolador PIC 16F877A.....           | 142 |
| Fig. N° 4.3 Teclado matricial de 4 x 4 analógico.....                              | 143 |
| Fig. N° 4.4 Divisor de Tensión del teclado matricial.....                          | 144 |
| Fig. N° 4.5. Teclado matricial de 4 x 4 analógico diseñado.....                    | 146 |
| Fig. N° 4.6. Diseño del circuito del LCD.....                                      | 147 |
| Fig. N° 4.7. Circuito Modo de Operación.....                                       | 148 |
| Fig. N° 4.8. Circuito Modo de Operación diseñado.....                              | 151 |
| Fig. N° 4.9. Divisor de Tensión para batería baja o cargada.....                   | 152 |
| Fig. N° 4.10. Divisor de Tensión Diseñado.....                                     | 154 |
| Fig. N° 4.11. Circuito cargador automático de batería.....                         | 154 |
| Fig. N° 4.12. Circuito de Control de Relé.....                                     | 155 |
| Fig. N° 4.13. LED indicador de batería baja.....                                   | 159 |
| Fig. N° 4.14. Circuito cargador automático de batería.....                         | 159 |
| Fig. N° 4.15. Circuito Bocina Diseñado.....  | 161 |
| Fig. N° 4.16. Interfaz de usuario.....   | 161 |
| Fig. N° 4.17. Conexión del regulador 7805.....                                     | 162 |
| Fig. N° 4.18. Fuente Regulada de 5 V .....   | 163 |
| Fig. N° 4.19. Hardware del sistema de control.....                                 | 164 |
| Fig. N° 4.20. Visualización 3D.....  | 165 |
| Fig. N° 4.21. Circuito impreso.....  | 165 |
| Fig. N° 4.22. Ubicación de los dispositivos.....                                   | 166 |
| Fig. N° 4.23. Visualización 3D del cargador de batería.....                        | 166 |
| Fig. N° 4.24. Circuito impreso del cargador de batería.....                        | 167 |
| Fig. N° 4.25. Ubicación de los dispositivos.....                                   | 167 |
| Fig. N° 4.26. Distribución de pines del Microcontrolador PIC 16F877A.....          | 168 |

|   |     |
|---|-----|
| Fig. N° 4.27. Secuencia general del programa de control.....  | 171 |
| Fig. N° 4.28. Secuencia de lectura de batería.....            | 174 |
| Fig. N° 4.29. Secuencia de modo de selección.....             | 175 |
| Fig. N° 4.30. Secuencia de modo manual.....                   | 177 |
| Fig. N° 4.31. Secuencia leer joystick.....                    | 180 |
| Fig. N° 4.32. Secuencia de victor1.....                       | 181 |
| Fig. N° 4.33. Secuencia de victor2.....                       | 182 |
| Fig. N° 4.34. Secuencia modo de configuración.....            | 183 |
| Fig. N° 4.35. Secuencia cambio de velocidad.....              | 185 |
| Fig. N° 4.36. Secuencia cambio de nivel de batería.....       | 187 |
| Fig. N° 4.37. Secuencia cargar batería.....                   | 189 |
| Fig. N° 4.38. Secuencia del modo de voz.....                  | 191 |
| Fig. N° 4.39. Secuencia de teclado.....                       | 194 |
| Fig. N° 4.40. Simulación modo de selección.....               | 196 |
| Fig. N° 4.41. Simulación modo manual.....                     | 197 |
| Fig. N° 4.42. Simulación de modo manual.....                  | 198 |
| Fig. N° 4.43. Simulación, Configurar cambio de velocidad..... | 199 |
| Fig. N° 4.44. Simulación, cambiar de nivel de batería.....    | 200 |
| Fig. N° 4.46. Simulación modo por voz.....                    | 201 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla N° 2.1: Ejemplos de monemas, grafemas.....  | 21  |
| Tabla N° 2.2: Clasificación de las consonantes de la lengua castellana.....                                 | 29  |
| Tabla N° 2.3: Clasificación de las vocales castellanas según la posición de la lengua.....                  | 30  |
| Tabla N° 2.4: Fonemas del alfabeto fonético internacional utilizados en la lengua<br>Castellana.....        | 32  |
| Tabla N° 2.5: Valores de frecuencia de los dos primeros formantes de las vocales<br>Castellanas.....        | 33  |
| Tabla N° 2.6: Comparación entre las redes neuronales y los computadores digitales.....                      | 54  |
| Tabla N° 2.7. Comandos del módulo AU_VOI_REC_00A.....   | 59  |
| Tabla N° 3.1: Estadísticas de atención CERSI 2009 – 2011.....   | 95  |
| Tabla N° 3.2: La discapacidad en CERSI.....   | 97  |
| Tabla N° 3.3: Capacidad para comandar con la voz.....   | 99  |
| Tabla N° 3.4: Las sillas de ruedas, generan dolor en las extremidades superiores y<br>espalda.....          | 101 |
| Tabla N° 3.5: Usar la silla de ruedas controladas por voz.....  | 103 |
| Tabla N° 3.6: Le falta fuerza en la parte superior del cuerpo y/o habilidad de moverse<br>por sí mismo..... | 105 |
| Tabla N° 3.7: Requiere de un ayudante para su desplazamiento.....   | 107 |
| Tabla N° 3.8: Sistema de freno de la silla de ruedas.....   | 109 |
| Tabla N° 3.9: Ocurrencias en los últimos meses.....   | 111 |
| Tabla N° 3.10: Pacientes encuestados en CERSI.....  | 113 |
| Tabla N° 3.11: Tabla de peso por edad en niños.....   | 115 |
| Tabla N° 3.12: Tabla de peso por edad en jóvenes y adultos.....   | 117 |
| Tabla N° 3.13: Tabla de comparación de distintas marcas de baterías.....                                    | 133 |
| Tabla N° 4.1. Tabla de resistencias de columnas y filas.....  | 146 |
| Tabla N° 4.2. Modo configuración.....   | 198 |
| Tabla N° 4.3. Señales de voz y los datos hexadecimales.....   | 202 |
| Tabla N° 4.4. Señales ingresadas por el virtual terminal.....   | 202 |
| Tabla N° 5.1 Costos de la Fuente de Alimentación.....   | 206 |
| Tabla N° 5.2. Costos de la etapa de potencia.....   | 206 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla N° 5.3. Costos de la tarjeta principal.....  | 207 |
| Tabla N° 5.4. Costos del cargador de batería.....  | 208 |
| Tabla N° 5.5. Costos del elemento de mando.....    | 209 |
| Tabla N° 5.6. Costos de elementos adicionales..... | 209 |
| Tabla N° 5.7. Costos Total del sistema.....        | 210 |

## **RESUMEN**

En esta tesis se llega a diseñar un sistema de control de desplazamiento de una silla de ruedas, con el módulo AU\_VOI\_REC\_00A que contiene el procesador de reconocimiento de voz SPCE061A, donde el paciente puede comandar el vehículo escogiendo entre dos modos de operación, el primer modo, a través del uso de un mando manual con el uso de joystick y el segundo, controlada por órdenes de voz.

Como resultado de pruebas simuladas, se obtuvo un funcionamiento esperado, con una asertividad de voz 89 %, debido a que el módulo de reconocimiento de voz capta el ruido del ambiente. El consumo de cada motor es de 10 A y todo el sistema de control es de 1 A, en total 21 A, dando un estimado de 3 horas de duración. Se simuló y se comprobó que la silla puede moverse básicamente en cuatro direcciones. Además, logra incrementar la velocidad en movimiento frontal y realizar movimientos en curva. El sistema es muy versátil pues permite configurar los patrones de reconocimiento de voz para el uso de distintas personas.

## **ABSTRACT**

In this thesis comes to designing a speech recognition system using the module AU\_VOI\_REC\_00A, to control the movement of a wheelchair for the disabled people, where the user can drive the vehicle by choosing between two modes of operation, the first mode, through the use of a manual control and the second, controlled by voice commands.

Simulated test result was obtained an expected performance, with a voice assertiveness 89%, because the voice recognition module captures the ambient noise. The consumption of each motor is 10 A and the whole control system is 1 A total of 21 A, giving an estimated 3 hours. It was found that the chair can basically move in four directions. Also, does moving speed increase when moving in front and curve. The system is very versatile as it allows you to configure speech recognition patterns for the use of different people

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad son muy pocas las empresas que desarrollan sistemas de control de silla de ruedas. Esto hace que muchas veces los egresados podemos y tenemos la capacidad de crear y desarrollar nuestros propios productos.

La presente Tesis tiene como finalidad el diseño de sistema de control de una silla de ruedas, capaz de ser controlada a través de señales voz y por medio de un mando manual. Este equipo está orientado a mejorar la calidad de vida, ofreciendo un amplio rango de aplicaciones, como la ayuda a la manipulación o a la movilidad de personas con problemas motrices. Esta proyecto se centra en la ayuda a movilizarse por medio de una sillas de ruedas controlados por voz, las cuales dan un valor agregado a las sillas motorizadas convencionales.

En el país, existen personas con incapacidad motora en todas las extremidades a quienes les es imposible poner en movimiento una silla de ruedas manual. En tal sentido, este proyecto pretende dar solución a este tipo de necesidad a través del control de una silla de ruedas controlada por voz, de manera que pacientes discapacitados puedan movilizarse.

Como objetivo, se ha planteado diseñar un sistema para controlar el desplazamiento de una silla de ruedas, basado en el procesador de reconocimiento de voz SPCE061A y ponerlos al servicio de los discapacitados.

En el primer capítulo se describe en forma general el proyecto, se presenta la definición del problema, selección del problema, formulación del problema, el objetivo general y los objetivos específicos.

En el segundo capítulo se describen algunas de las discapacidades físicas como cuadriplejia, paraplejia y triplejia. Se tiene una introducción al reconocimiento de voz, sus aplicaciones y clasificación, además se detalla las características y funcionalidad del módulo AU\_VOI\_REC\_00A, que contiene el procesador de voz

SPCE061A, así como el control de desplazamiento de una silla de ruedas para discapacitados motrices.

En el tercer capítulo, se describe la solución propuesta, así como el análisis y requerimientos que se realizaron y se necesitaron para la elaboración del presente proyecto. En este capítulo se explicará por qué la utilización de ciertos dispositivos.

En el cuarto capítulo, se presenta el diseño del control de desplazamiento de una silla de ruedas, utilizado un módulo de reconocimiento de voz AU\_VOI\_REC\_00A, para lo cual, se desarrolla una serie de etapas para realizar tanto el diseño del hardware y software del sistema. Se explica detalladamente el funcionamiento de la etapa de potencia que le da energía a los motores de corriente continua, así como el desarrollo del sistema de protección ante la presencia de sobrecargas en el equipo. Se diseña también el sistema de verificación de las baterías, que le indica al usuario por medio del nivel de voltaje, este voltaje es de suma importancia, razón por la cual se incluye en la etapa de potencia.

En el quinto capítulo, se dan a conocer los costos que representa la silla de ruedas, los elementos que integran el sistema de control y potencia, elementos que forman parte del sistema de reconocimiento de voz y el costo que implica los conocimientos de ingeniería.

Finalmente se presentan conclusiones y recomendaciones, para el desarrollo de futuras investigaciones o de proyectos similares al presentado.

## **CAPÍTULO I**

### **DATOS GENERALES DEL PROYECTO**

## **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

En la actualidad, algunos aspectos no se toman en cuenta de las personas discapacitadas, la sociedad las discrimina en el ámbito laboral y educacional, por la errónea idea de discapacidad igual a incapacidad. Todas las personas con discapacidad, en algún momento de sus vidas, han experimentado discriminación en distintas situaciones debido a prejuicios sociales, los cuales les niegan oportunidades para desarrollar sus habilidades. La sociedad piensa que la discapacidad de una persona la hace incompetente, en comparación con las demás personas. Esta discriminación hacia las personas con cualquier tipo de discapacidad ocasiona que les cueste integrarse a la sociedad.

Las causas sociales se centran en la exclusión educacional y en la accesibilidad a lugares públicos. En cuanto a educación, las personas discapacitadas son excluidas en grupos de estudio con currículas pobres.

Por otra parte, el problema de la accesibilidad es un problema latente, debido a que, en las calles, no se cuenta con las debidas señalizaciones, rampas, zonas preferenciales, etc. Así mismo, muchos edificios públicos no cuentan con la infraestructura necesaria para el desenvolvimiento y comodidad de este grupo.

También es una causa importante el desconocimiento de las personas con discapacidad de sus derechos y de la forma de actuar ante el incumplimiento del respeto a los mismos, por lo que no hay una presión social para el acatamiento de normas [WEB 1].

En el mundo no se puede determinar el número exacto de personas con algún tipo de discapacidad, debido a la tipología que engloba esta categoría y al grado de afectación (leve, moderado y grave), se cuenta con estudios realizados por expertos y organismos a nivel internacional, con estimaciones de más de 600 millones de personas con discapacidad en el mundo.

En cuanto a la distribución de personas por países y tipos de discapacidad, existe una gran diversidad de datos al respecto, dado que no existe un cuadro homogéneo en todos los países. No obstante, según los últimos datos publicados<sup>1</sup>:

- Alrededor del 10% de la población mundial, o sea 650 millones de personas, vive con una discapacidad. (Constituyen la mayor minoría del mundo)
- Esta cifra está aumentando debido al crecimiento de la población, los avances de la medicina y el proceso de envejecimiento, dice la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- El 80 % de las personas con discapacidad vive en países en desarrollo, según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Los estudios comparativos sobre la legislación en materia de discapacidad, indican que sólo 45 países cuentan con leyes contra la discriminación y otro tipo de leyes específicas de respeto.
- Se reconoce que las mujeres con discapacidad experimentan múltiples desventajas, siendo objeto de exclusión debido a su género y a su discapacidad.

En el Perú, de acuerdo a las estadísticas preparadas por la Organización Mundial para la Salud, las personas con discapacidad representan cerca del 10% de la población total en el Perú. En este sentido, cerca de tres millones de peruanos tienen algún tipo de discapacidad.

Oficialmente, no existe una estadística cierta sobre el número de personas con discapacidad que habitan en el Perú, ni sobre el tipo de discapacidad que tienen, ni sobre su condición socio económica y laboral. Hay al respecto dos informaciones contradictorias. Una que se remonta al censo nacional de 1993, realizado por el INEI, que determinó que el 1.3% de la población, es decir, 288,526 personas tenían algún tipo de discapacidad. La otra que proviene de un estudio realizado por el INR, titulado

---

<sup>1</sup> FUENTE: Naciones Unidas. Los derechos y la dignidad de las personas con discapacidad. Algunos datos sobre las personas con discapacidad. Panorama general [Ref. septiembre 2008].

“Prevalencia de las Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías en el Perú. 1993”, según la cual la Discapacidad afecta al 31.28 %, y la Minusvalía al 13.08 % de la población peruana. Este abismo estadístico (1.3% frente a 31.28%) se explica por los graves errores de la encuesta censal utilizada y por el manejo de dos definiciones distintas del concepto “discapacidad”

En la ciudad de Chimbote según el censo realizado por última vez por INEI en 1993, tiene el 2.4% de la población, es decir, 2925 personas tenían algún tipo de discapacidad.<sup>2</sup>

La discapacidad que tiene como principal característica la pérdida de la capacidad motora de auto desplazamiento es la discapacidad motriz. Se genera debido a varios factores, tales como: accidentes de tránsito, enfermedades genéticas, guerras internas y externas, accidentes laborales, conflictos sociales, etc.

## **1.2. SELECCIÓN DEL PROBLEMA**

Existen infinidad de afecciones que impiden el desplazamiento autónomo de las personas, suelen depender de aparatos para usos especiales como son las sillas de ruedas, en algunos casos con discapacidad severos, no son suficientes o adecuados estos aparatos, un buen ejemplo es la cuadriplejía en la que carecen totalmente de sus facultades motoras, entonces las sillas convencionales no son eficientes para este tipo de discapacidad, para ello se necesita sillas de ruedas con funcionalidad automatizada con la ayuda de un joystick o controlados por reconocimiento de voz. Esta silla de ruedas ayudara en gran medida a los discapacitados a desplazarse solamente con su voz.

---

<sup>2</sup> Plan de igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad 2003 – 2007. Documento presentado por la: comisión multisectorial de alto nivel para formular el plan de igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad creada mediante D.S N° 001-2003- PCM

### **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La Tesis pretende diseñar un sistema de control de una silla de ruedas, basado en el procesador de voz SPCE061A, para discapacitados motrices del centro de educación y rehabilitación sicomotriz CERSI – Chimbote.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad existen infinidad de afecciones que impiden el desplazamiento autónomo de las personas, estas suelen depender de aparatos para usos especiales como son las sillas de ruedas, en algunos casos severos de discapacidad estos aparatos no son suficientes o adecuados, (por ejemplo la cuadriplejía, en la que los enfermos carecen totalmente de sus facultades motoras) por lo que este dispositivos mejora gratamente la calidad de vida de las personas discapacitadas. Por otro lado, el sistema de movimiento es capaz de conducir el sistema en situaciones de difícil maniobrabilidad y en nuestro proyecto se está dando un valor agregado a estos aparatos, controlándose por reconocimiento de voz.

### **1.5. ANTECEDENTES**

**Proyecto:** “Automatización de una silla de ruedas controlada por comandos de voz”

**Autores:** Ph. D. Aldo Pardo García, Ing. Zolanyi Marcela Rubiano Calderón y el Ing. Yeison Javier Montagut Ferizzola.

Universidad de Pamplona – España.

Concluyeron que El diseño de este proyecto constituye una ayuda importante para la sociedad discapacitada de la ciudad, la región y el país.

Este proyecto me sirvió para determinar el uso del circuito de control, donde los motores son controlados por la técnica de control de velocidad por PWM, acción ejecutada por un microcontrolador PIC 16F877A, el cual genera una señal de PWM que excita a los dispositivos de potencia controlando la velocidad y sentido de giro de los motores.

**Fuente:** Pardo, A., Rubiano, Z. & Montagut, Y. Automatización de una silla de ruedas controlada por comandos de voz. Pamplona, 2010, 5 h. Universidad de Pamplona – España. Facultad de Electrónica. Disponible en [http://www.upbmonteria.edu.co/electronica/gapa/descargas/Tercer%20Congreso%20Unipamplona/automatizacion\\_de\\_una\\_silla\\_de\\_ruedas\\_controlada\\_por.pdf](http://www.upbmonteria.edu.co/electronica/gapa/descargas/Tercer%20Congreso%20Unipamplona/automatizacion_de_una_silla_de_ruedas_controlada_por.pdf)

**Proyecto: “Silla de ruedas inteligente controlada por Voz”.**

**Autores:** Alcubierre, Minguez, Montesano, Montano, Saz y Lleida. Universidad de Zaragoza – España.

Concluyeron que desde el punto de vista del uso de la voz, para la plena funcionalidad de la silla será necesaria la implementación de sistemas de verificación del locutor. De esta forma, la silla sólo atenderá a los comandos pronunciados por el propietario de la silla, desechando las palabras pronunciadas por cualquier persona ajena a la silla.

Este proyecto me sirvió para emplear un módulo reconocedor de voz, que transforme las órdenes de voz en pulsos, para realizar el movimiento de la silla de ruedas.

**Fuente:** Alcubierre, J.M., Minguez, J., Montesano, L., Montano, L., Saz, O. & Lleida, E. Silla de ruedas inteligente controlada por Voz. Madrid, 2005, 13 h. Universidad de Zaragoza – España. Facultad de Electrónica y Comunicaciones. Disponible en <http://webdiis.unizar.es/~jminguez/Silla%20de%20Ruedas%20Inteligente%20Controlada%20por%20Voz.pdf>

**Proyecto: “Sistema de control de una silla de ruedas motorizada para personas cuadripléjicas”.**

**Autores:** C.D. Rigano, J.P. Bottani, A. Romano y R. Moro Zubil

Universidad Tecnológica Nacional – Argentina.

Concluyeron que el resultado de este trabajo cumple con las expectativas esperadas. Los tres sistemas de control, joystick, soplo y aspirado y contacto bucal sobre la boquilla, permiten un control simple y de rápido entrenamiento.

Este proyecto me sirvió para comprender los movimientos de la silla de ruedas, la cual posee seis movimientos, los cuatro clásicos de avance, retroceso, giro hacia la izquierda y hacia la derecha, más dos movimientos de giro corto hacia la derecha e izquierda. Estas últimas permiten maniobrar en lugares de poco espacio.

**Fuente:** Rigano, C.D., Bottani, J.P., Romano, A., Moro, R., & Orqueda, A.O.O. Sistema de control de una silla de ruedas motorizada para personas cuadripléjicas. Bahía Blanca, 2006, 6 h. Universidad Tecnológica Nacional – Argentina. Facultad de Ingeniería eléctrica. Disponible en [www.frbb.utn.edu.ar/robotica/archivos/silla\\_de\\_ruedas.pdf](http://www.frbb.utn.edu.ar/robotica/archivos/silla_de_ruedas.pdf)

**Tesis: “Diseño y construcción de un sistema basado en un microcontrolador para controlar por voz y joystick el desplazamiento de una silla de ruedas”.**

**Autores:** los Bachilleres Chango Álvarez Henry Patricio y Toctaguano Tipan Roberto Carlos.

Escuela Politécnica Nacional – Ecuador.

Concluyeron que el presente prototipo posee las mismas cualidades que los sistemas comerciales existentes en el mercado local; es decir, aquellos que tienen control electrónico manual por joystick. Considerando que este trabajo añade el control por voz y su precio resulta ser muy económico.

Esta tesis me sirvió para realizar el diseño de hardware de control del sistema de reconocimiento de voz, tales como establecer el uso de un control manual por joystick, para dar los movimientos: adelante, atrás, izquierda y derecha.

**Fuente:** Chango, A.H. & Toctaguano, T.R. Diseño y construcción de un sistema basado en un microcontrolador para controlar por voz y joystick el desplazamiento de una silla de ruedas. Quito, 2009, 131 h. Escuela Politécnica Nacional – Ecuador. Facultad de Ingeniería eléctrica y electrónica. Disponible en < <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11111/1/CD-1956.pdf>>

**Tesis: “Diseño y construcción de un módulo automático de automóvil ortopédico para uso de una persona con discapacidad para desplazarse”.**

**Autor:** Bachiller Tello Pantoja Doris.

Escuela Politécnica Nacional – Ecuador.

Concluyeron que el factor ergonómico fue muy importante para este proyecto ya que el módulo debe permitir un manejo sencillo para una persona con discapacidad para desplazarse, y es por eso que lo más aconsejable fue colocar el pomo del volante en la parte izquierda, es decir para ser manejado por la mano izquierda ya que la mano derecha siempre tiene el control sobre la palanca de cambios, con esto se ayuda.

Esta tesis me sirvió para emplear el microcontrolador PIC 16F877A, el cual es el cerebro total del control.

**Fuente:** Tello, P.D. Diseño y construcción de un módulo automático de automóvil ortopédico para uso de una persona con discapacidad para desplazarse. Quito, 2007, 153h. Escuela Politécnica Nacional – Ecuador. Facultad de Ingeniería eléctrica y electrónica. Disponible en < <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11111/1/CD-1956.pdf>>

**Tesis: “Diseño de silla de ruedas motorizada controlada por voz”**

**Autores:** los Bachilleres Gustavo Castillo Nieto y Samuel Arturo Huachupoma Quiroz.

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Concluyeron que evaluando todas las pruebas realizadas se concluye que este proyecto “Diseño de silla de ruedas motorizada controlada por voz”, cumple con los objetivos planteados.

Esta tesis me sirvió para implantar el uso de MOSFET’S en la etapa de potencia para el proceso de movimiento y control de velocidad de los motores. Esto me llevo a buscar un módulo de potencia con MOSFET’S.

**Fuente:** Castillo, N.G. & Tello, P.D. Huachupoma, Q.S. Diseño de silla de ruedas motorizada controlada por voz. Lima, 2004, 39 h. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Facultad de Ingeniería Electrónica. Disponible en <[http://www.rptd.edu.pe/servlet/search?formname=detail&id=sdxcybertesis.upc.edu.pe:80:upc/documents/upc.2004.castillo\\_ng-principal](http://www.rptd.edu.pe/servlet/search?formname=detail&id=sdxcybertesis.upc.edu.pe:80:upc/documents/upc.2004.castillo_ng-principal)>

## 1.6. HIPÓTESIS

**(Hi):**

El diseño de un sistema de reconocimiento de voz utilizando el módulo AU\_VOI\_REC\_00A, permite el control de desplazamiento de una silla de ruedas para discapacitados motrices.

**Variables**

**Dependiente**

Desplazamiento de una silla de ruedas.

- ✓ La silla de ruedas posee seis movimientos, los cuatro clásicos de avance, retroceso, giro hacia la izquierda y hacia la derecha, más dos movimientos de giro corto hacia la derecha e izquierda.
- ✓ Independencia: el usuario no dependerá de otra persona para poder movilizarse, solo con su propia voz o en forma manual.
- ✓ Velocidad: Para este proyecto vamos a considerar la velocidad máxima de la silla de ruedas de 6 Km/h.
- ✓ Fuerza: la fuerza máxima para mover la silla es de 105.55 *KgF*

### **Independiente**

#### Procesador de voz SPCE061A

- ✓ Módulo de reconocimiento de voz: para el reconocimiento de voz se utiliza el módulo AU\_VOI\_REC\_00A que contiene el procesador de voz SPCE061A, este microcontrolador utiliza un algoritmo de audio PCM, LOG PCM, SACM\_A3200, SACM\_S240,
- ✓ Software:  
Para el programa de control del microcontrolador en realizo en lenguaje estructurado utilizando para la programación es el PicBasic Pro.
- ✓ Hardware:  
El microcontrolador PIC 16F877A, será el cerebro de control del sistema.

### **Intervinientes**

- ✓ Costo:  
Se detallará el costo total el sistema tanto físico, eléctrico, electrónico y el costo de ingeniería.
- ✓ Batería: se realizará un criterio de selección de una batería recargable.
- ✓ Financiamiento:  
Recursos propios
- ✓ Electrónica de potencia:  
La etapa de potencia de control de velocidad de los motores, será 2 tarjetas IFI VEX Pro Victor884.

## **1.7. OBJETIVOS**

### **1.7.1. OBJETIVO GENERAL:**

Diseñar un sistema de control de desplazamiento de una silla de ruedas basado en el procesador de voz SPCE061A, para el centro de educación y rehabilitación sicomotriz CERSI – Chimbote.

### **1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- ➔ Diseñar un sistema de reconocimiento de voz, utilizando el módulo AU\_VOI\_REC\_00A que contiene el procesador de voz SPCE061A, definiendo sus funciones para que el proyecto sea eficiente.
- ➔ Desarrollar un sistema de control de desplazamiento de una silla de ruedas mediante la aplicación del módulo de potencia de control de motores IFI VEX Pro Victor884
- ➔ Simular el sistema de reconocimiento de voz mediante la aplicación del programa ISIS 7 Professional, validando para una futura implementación.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTO TEÓRICO**

## **2.1. DISCAPACIDAD FÍSICA**

Se puede definir como una imposibilidad que limita o impide el desempeño motor de la persona afectada, esto significa que las partes afectadas generalmente son los brazos y/o piernas. Su discapacidad se manifiesta en que pueden requerir de la ayuda de otras personas para realizar las actividades de la vida diaria o que tienen dificultades para trabajar o estudiar debido a su deficiencia [LIBRO 1].

Existen muchos tipos de discapacidades físicas, pero se va a dar una breve explicación de aquellas relacionadas con este trabajo.

### **2.1.1. CUADRIPLÉJIA**

La cuadriplejia es una lesión medular que se refiere a la parálisis que afecta las cuatro extremidades. Es una lesión en la porción superior de la médula espinal, si bien da como resultado la parálisis completa de las extremidades inferiores, puede afectar en forma parcial o completa las superiores, dependiendo del nivel neurológico afectado.

### **2.1.2. PARAPLEJIA**

La afectación de la región lumbar de la médula espinal da por resultado la paraplejia. La función en las extremidades superiores es normal, el suministro neurológico del tórax y parte alta del abdomen está íntegro, mientras que las inferiores tienen parálisis parcial o total. Supone la pérdida de movilidad y sensibilidad de cintura para abajo (pierna derecha e izquierda).

### **2.1.3. TRIPLEJIA**

Es la ausencia de movimiento y de sensibilidad en un brazo y ambas piernas y generalmente se produce como resultado de una lesión incompleta de la médula.

## **2.2. DISCAPACIDAD EN EL PERÚ**

El “Anuario Estadístico de la Discapacidad 1998”, primer documento peruano referido a tal tema, fue publicado en dicho año conjuntamente por el Ministerio de Salud y el Instituto Nacional de Rehabilitación. El documento que presentaron recopila la información de los años 1999 y 2000, se ha cambiado su denominación a “Reporte Estadístico de la Discapacidad en el Perú 1999 - 2000” [WEB 2].

En tanto el manejo de la información sobre discapacidad presenta características muy peculiares, el Instituto Nacional de Rehabilitación ha continuado recopilando y analizando la información del país acerca de la discapacidad, la que se ha obtenido de 73 establecimientos que ofrecen atención en Rehabilitación en Lima, provincias, y recientemente en algunos centros privados. Esta red de información se ha ampliado y se espera que continúe así en adelante.

La información que se ha obtenido de los años 1999-2000 a través del sistema de información HIS - DIS, ha demostrado su eficacia como instrumento de registro. Así mismo, basándonos en la tasa de prevalencia de la discapacidad en el Perú del 31.28%, obtenida en 1993, para la realización de algunas proyecciones.

Los resultados principales del análisis de la discapacidad durante estos dos años son los siguientes:

1. Las principales fuentes de información para el registro de la discapacidad fueron los del Ministerio de Salud y en segundo lugar los de ESSALUD.
2. El grupo etáreo predominante fue el de 15 a 64 años seguido del grupo etáreo de 3 a 14 años.
3. Predominaron en la frecuencia de la discapacidad las enfermedades que causaron deficiencias en las funciones neuromusculoesqueléticas y relacionadas con el movimiento, en segundo lugar predominan los que causan deficiencias en las funciones mentales superiores.

4. Las discapacidades observadas con más frecuencia son las Discapacidades de Locomoción, seguido de la Discapacidad Corporal.
5. El promedio de discapacidades ha sido de dos por cada persona de la población total observada, predominado las leves y moderadas, siendo las severas el 10%.
6. Del 16 al 20% de la población atendida fue dada de alta; el porcentaje restante tiene relación con la cronicidad de las deficiencias y discapacidades; hecho común en rehabilitación.
7. Del 55 al 60% de los niños estuvo reintegrado a la educación primaria o secundaria y del 23 al 24% de los adultos estuvo reintegrado al trabajo.

La Organización Mundial de la Salud ha aprobado en Julio del año 2006, un nuevo sistema de clasificación denominado “Clasificador Internacional del Funcionamiento de la Discapacidad y de la Salud”, en el cual se vierten conceptos clasificatorios diferentes en parte a los que hemos venido empleando. Si este sistema es aprobado para su empleo a nivel nacional, el siguiente “Reporte Estadístico de la Discapacidad en el Perú”, empleará esta nueva clasificación previa necesaria reconversión de criterios en todos los servicios de rehabilitación del país<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Disponible en Internet:  
<ftp://ftp2.minsa.gob.pe/descargas/Estadistica/Publicaciones/discapacidad.pdf>

## **2.2.1. INFORMACIÓN DE DISCAPACIDAD A NIVEL NACIONAL**

### **2.2.1.1. POBLACIÓN DISCAPACITADA POR EDAD Y SEXO**

Según el Censo de 1993, la población discapacitada del país es de 288526 personas, que representan el 1,3% de la población total censada.

La población discapacitada es aquella que presenta alguna deficiencia o ausencia de tipo anatómico, psicológico o fisiológico y por lo tanto tiene ciertas restricciones o limitaciones para realizar una actividad en la forma considerada normal para un ser humano.

La composición de la población discapacitada por grupos de edad, señala que el 20,2%, es decir 58238 personas tienen menos de 15 años de edad. Los discapacitados de 65 y más años representan el 23,1% del total, estando el mayor porcentaje (56,7%) en el grupo de edad activa, es decir entre 15 y 64 años de edad.

Según sexo, la información censal muestra un mayor número (146392 personas) de varones con discapacidad, éstos representan el 50,7% del total y las mujeres el 49,3% (142134 personas)<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Disponible en Internet:  
<http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/LIb0045/DIS1-1.htm>

PERU: PIRAMIDE DE EDAD DE LA POBLACIÓN DISCAPACITADA, 1993

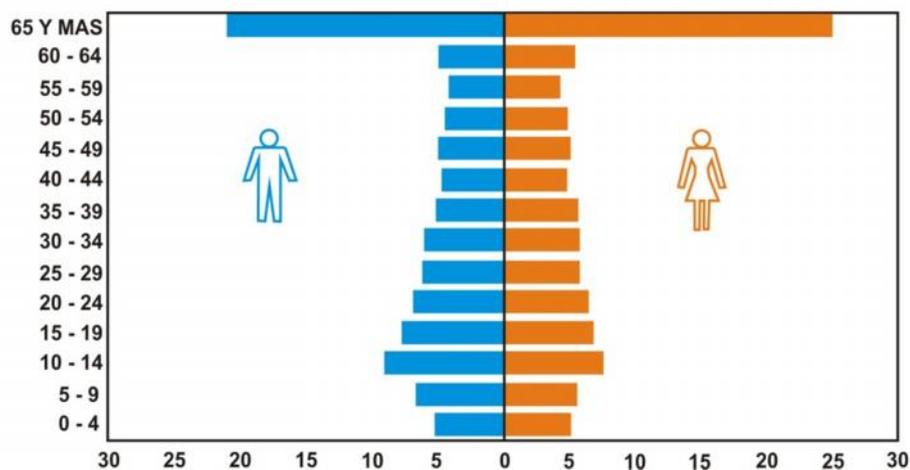


Fig. N° 2.1. Pirámide de discapacidad a nivel nacional.

Fuente: INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática).

PERU: DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN DISCAPACITADA, SEGÚN DEPARTAMENTOS

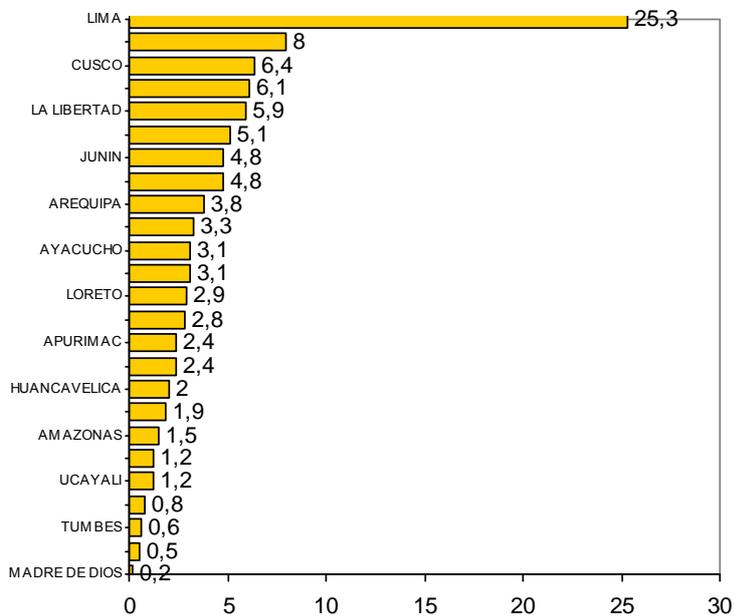


Fig. N° 2.2. Distribución de la población discapacitada según departamentos.

Fuente: INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática).

**PERU: DISTRIBUCION DE LA POBLACION DISCAPACITADA POR AREA URBANA Y RURAL Y SEXO**

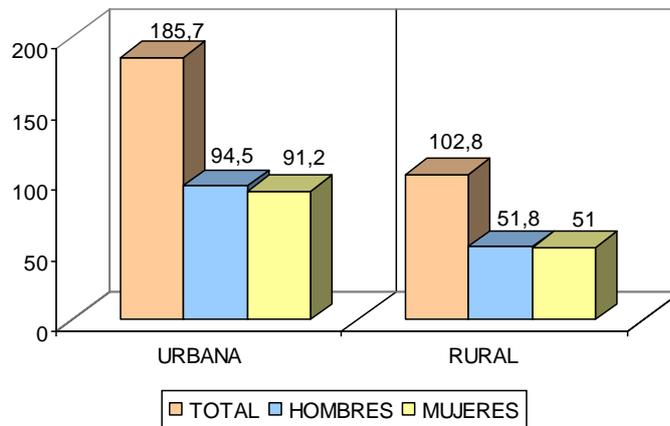


Fig. N° 2.3. Distribución de la población discapacitada por área urbana y rural y sexo.

Fuente: INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática).

**PERU: CIUDADES CON MAYOR NUMERO DE POBLACION DISCAPACITADA**

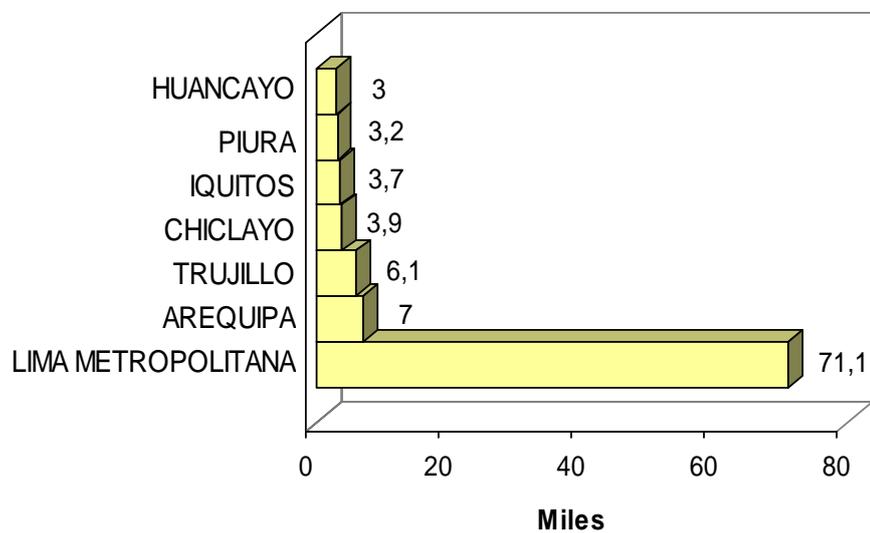


Fig. N° 2.4. Ciudades con mayor número de población discapacitada.

Fuente: INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática).

### 2.2.1.2. TIPO DE DISCAPACIDAD SEGÚN SEXO

Según el Censo Nacional de 1993, la invalidez o pérdida de alguna de las extremidades inferiores o superiores es la discapacidad más frecuente y afecta a 80928 personas, que representa el 28,0%. La ceguera ocupa el segundo lugar comprometiendo a 60175 personas equivalente a 20,9%, luego la sordera con 41452 personas que representa 14,4% y el retardo mental con 35737 personas que representa el 12,4%.

Las otras discapacidades se presentan en proporciones menores a 7,9% de la población total discapacitada.

#### PERU: POBLACION DISCAPACITADA POR TIPO DE DISCAPACIDAD: 1993

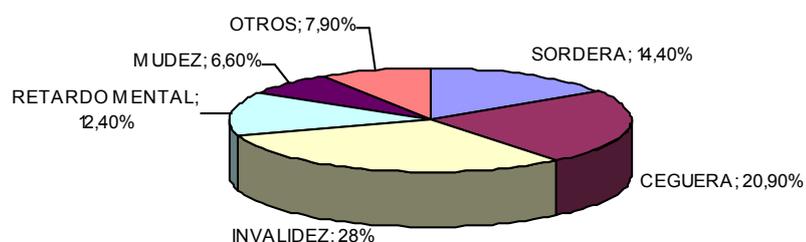


Fig. N° 2.5. Población discapacitada por tipo de discapacidad.

Fuente: INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática).

**PERU: POBLACION DISCAPACITADA SEGUN TIPO DE DISCAPACIDAD Y SEXO: 1993**

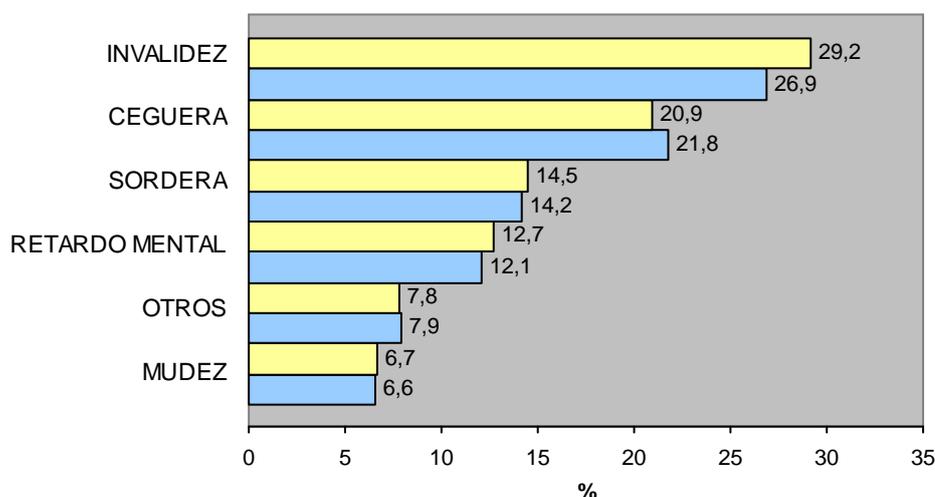


Fig. N° 2.6. Población discapacitada según tipo de discapacidad y sexo.  
Fuente: INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática).

La invalidez es el tipo de discapacidad que tiene mayor frecuencia en los hombres que son 42720 personas (29,2%) de la población total masculina, frente a 38 208 mujeres (26,9%) del total de la población femenina. Asimismo la ceguera es más frecuente en las mujeres 30,938 (21,8%) que en los hombres 29,237 (29,9%).

La ceguera total es el tipo de discapacidad más frecuente en los menores de 15 años de edad. En cifras absolutas cerca de 20 000 niños presentan este problema. En el grupo de edad de 65 y más años, la discapacidad que afecta con más frecuencia es la sordera total (21411 personas), seguido de la invalidez (20417 personas)<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Disponible en Internet:  
<http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/LIb0045/DIS2-1.htm>

### 2.3. NATURALEZA DE LA SEÑAL VOCAL

El análisis de un lenguaje natural (articulado) se puede realizar a varios niveles, de los cuales el análisis de esta tesis se limita al nivel fonológico, donde se estudian las unidades mínimas de una lengua, los fonemas.

Las palabras son los elementos libres mínimos del lenguaje. La sintaxis es el conjunto de reglas para la coordinación de las palabras en frases u oraciones. En su versión escrita las palabras están formadas por letras o grafemas, es decir unidades gráficas mínimas, y en el caso oral, por fonemas.

Los fonemas son la unidad fónica ideal mínima del lenguaje. Se materializan a través de los sonidos, pero de una manera no unívoca. Las variantes de los fonemas se denominan alófonos.

Los monemas son unidades mínimas con significado, que puede ser gramatical, dando origen a los morfemas, o léxico, representado por los lexemas. Los morfemas tienen relación con la gramática, o la forma de organizar o dar estructura a las categorías básicas del lenguaje (género, número, tiempo o persona de los verbos, etc.), mientras que los lexemas se refieren a significados externos al lenguaje mismo.

Las palabras constan de al menos un monema, siendo las más comunes bimonemáticas, que incluyen un lexema y un morfema. En la tabla 2.1, se dan dos ejemplos en los que se identifican los componentes de la palabra.

Tabla N° 2.1: Ejemplos de monemas, grafemas

| Palabra | Monemas |         | Grafema     | Fonemas                 |
|---------|---------|---------|-------------|-------------------------|
|         | Lexema  | Morfema |             |                         |
| Gato    | Gat     | o       | G,a,t,o     | /g/ /a/ /t/ /o/         |
| Amaban  | Ama     | ban     | A,m,a,b,a,n | /a/ /m/ /a/ /b/ /a/ /n/ |

Fuente: [http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse\\_itemnumber=8916](http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse_itemnumber=8916)

### **2.3.1. FONOLOGÍA Y FONÉTICA**

La Fonología estudia los fonemas, es decir el modelo fónico convencional e ideal del lenguaje. La Fonética, en cambio, se refiere a los sonidos en el habla, incluyendo su producción acústica y los procesos físicos y fisiológicos de emisión y articulación involucrados.

Así, la Fonología es el estudio de los sonidos de la lengua en cuanto a su carácter simbólico o de representación mental. Procede detectando regularidades o recurrencias en los sonidos del lenguaje hablado y sus combinaciones, y haciendo abstracción de las pequeñas diferencias debidas a la individualidad de cada hablante y de características supra segmentales como la entonación, el acento (tónico, es decir por aumento de la intensidad y agógico, por aumento de la duración), etc. Cada uno de los sonidos abstractos así identificados es un fonema. Uno de los objetivos de la fonología es reducir al máximo la cantidad de fonemas requeridos para representar cada idioma de una manera suficientemente precisa.

La Fonética estudia experimentalmente los mecanismos de producción y percepción de los sonidos utilizados en el habla a través del análisis acústico, articulatorio y perceptivo. Se ocupa, por consiguiente, de las realizaciones de los fonemas [LIBRO 2].

### **2.3.2. ELEMENTOS DEL APARATO FONATORIO**

La voz humana se produce por medio del aparato fonatorio. Se forma por los siguientes órganos:

- Los pulmones que son la fuente de energía en forma de un flujo de aire.
- La laringe que contiene las cuerdas vocales
- La faringe
- Las cavidades oral (o bucal) y nasal.

- Elementos articulatorios: los labios, los dientes, el alvéolo, el paladar, el velo del paladar y la lengua. En la Figura 2.7 se muestra una descripción del aparato fonatorio.

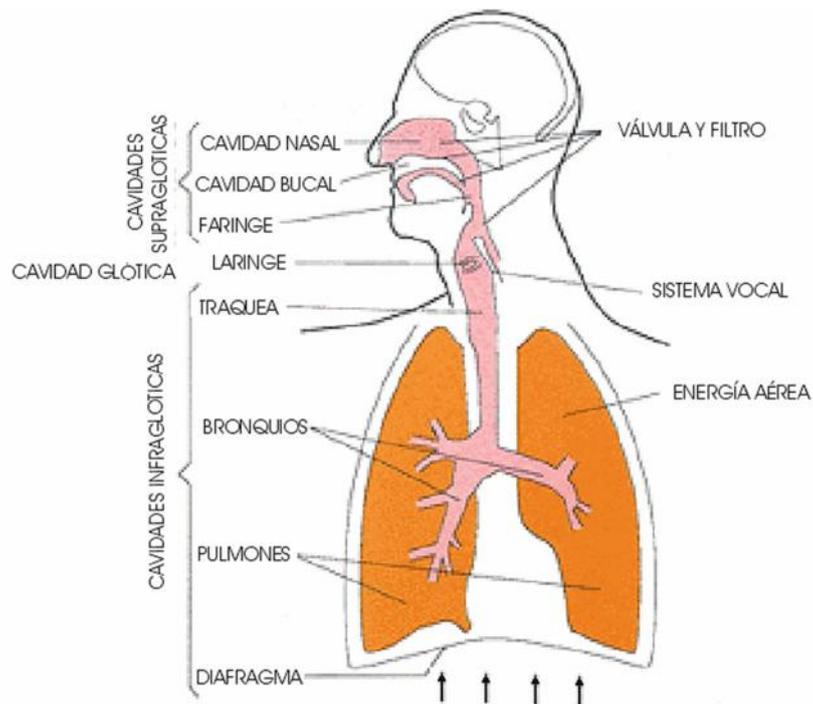


Fig. N° 2.7: Aparato fonatorio

Fuente: <http://paginaspersonales.deusto.es/airibar/Fonetica/Apuntes/02.html>

La comunicación hablada se realiza a través del aparato respiratorio. El aparato fonatorio se divide en tres grandes partes: las cavidades infraglóticas, la cavidad glótica y las cavidades supraglóticas. La porción que incluye las cavidades faríngea, oral y nasal junto con los elementos articulatorios se denomina cavidad supraglóticas, en tanto que los espacios por debajo de la laringe, es decir la tráquea, los bronquios, los pulmones y el diafragma se denominan cavidades infraglóticas.

### 2.3.3. ARTICULACIÓN DE LOS SONIDOS VOCALES

Para la producción del habla se tienen los siguientes elementos:

- Una fuente de energía, proporcionada por el aire a presión que se expulsa en la espiración.
- Un órgano vibratorio: las cuerdas vocales.
- Una caja de resonancia: las fosas nasales, la cavidad bucal y la faringe.
- Un sistema de articulación del sonido: lengua, labios, dientes y alvéolo.

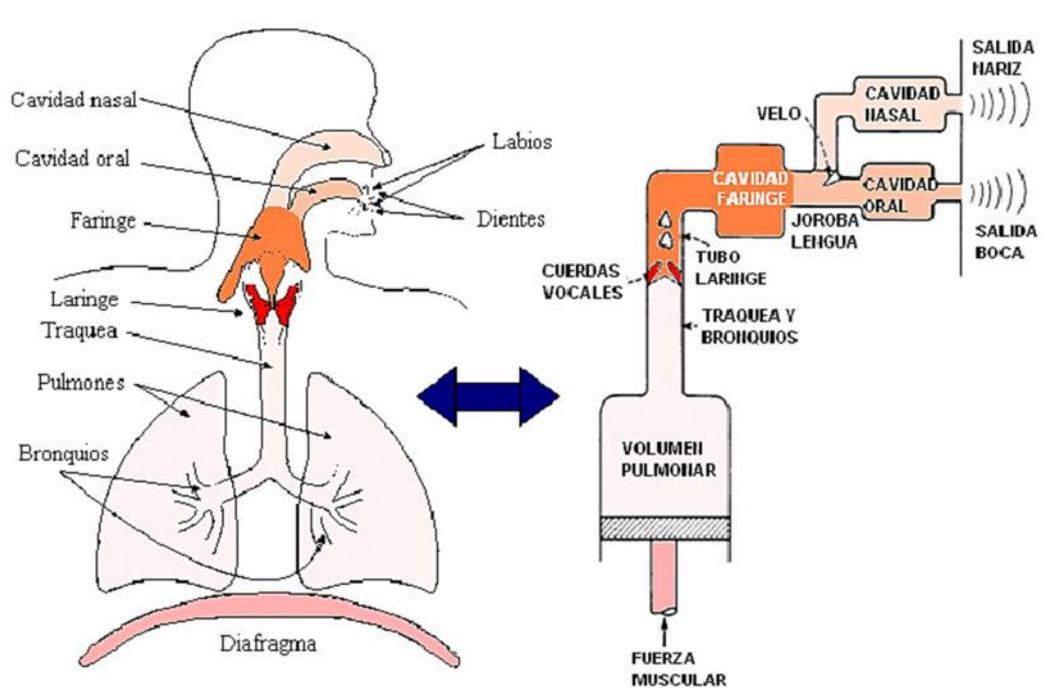


Fig. N° 2.8. Otra representación del sistema fonatorio

Fuente: Quirola, Ibujés. “Diseño e implementación de un sistema de control de acceso mediante reconocimiento de voz utilizando el kit de desarrollo EZ-KIT LITE ADSP 2181”. <http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=7228>

Cuando las cuerdas vocales se encuentran separadas, la glotis adopta una forma triangular. El aire pasa libremente y prácticamente no se produce sonido. Es el caso de la respiración.

Para producir sonido es necesario proporcionar corriente de aire, tarea desempeñada por los pulmones con ayuda del diafragma. En este proceso el aire es aspirado a los pulmones por medio de la contracción del diafragma; cuando éste se relaja se produce la espiración de aire contenido en los pulmones. Tanto los bronquios como la tráquea sirven como canales de transmisión del flujo aéreo.

El aire asciende hasta llegar a la laringe, donde están las cuerdas vocales que son músculos y se oponen a manera de labios; la abertura triangular que dejan entre sí es la glotis, por ella entra y sale el aire inspirado y espirado. Al emitir voz, las cuerdas vocales se juntan por contracción de los músculos adheridos en los cartílagos de la laringe y la glotis se cierra. Las cuerdas vocales comienzan a vibrar a modo de lengüetas, produciéndose un sonido tonal, es decir, periódico. La frecuencia de este sonido depende de varios factores, entre otros del tamaño y la masa de las cuerdas vocales, de la tensión que se les aplique y de la velocidad del flujo del aire proveniente de los pulmones. A mayor tamaño, menor frecuencia de vibración, lo cual explica por qué en los varones, cuya glotis es en promedio mayor que la de las mujeres, la voz es en general más grave.

El tracto vocal se extiende desde la laringe hasta los labios y las ventanas nasales. Es muy similar a un tubo acústico, con una serie de resonancias, llamadas formantes y anti resonancias. La posición de los formantes queda determinada principalmente por la forma de articulación, sobre todo el movimiento de la lengua y de los labios. Las anti resonancias se producen al bajarse el velo del paladar y crearse una oclusión en el tracto bucal. El aire sale por las fosas nasales, y la cavidad bucal actúa como una cavidad acoplada. La manera como se articulan los distintos órganos permite establecer características especiales de cada individuo, como su timbre de voz.

## **2.3.4. CLASIFICACIÓN DE LOS SONIDOS DE LA VOZ**

Los sonidos pueden clasificarse de acuerdo a varios criterios, entre ellos podemos mencionar los siguientes: carácter vocálico o consonántico; oralidad o nasalidad; carácter tonal (sonoro) o no tonal (sordo); lugar de articulación; de acuerdo a la posición de los órganos articulatorios; según la duración.

### **2.3.4.1 VOCALES Y CONSONANTES**

Desde un punto de vista mecánico-acústico, las vocales son los sonidos emitidos por la sola vibración de las cuerdas vocales sin ningún obstáculo o constricción entre la laringe y las aberturas oral y nasal. Dicha vibración se genera por el principio del oscilador de relajación, donde interviene una fuente de energía constante en la forma de un flujo de aire proveniente de los pulmones. Son siempre sonidos de carácter tonal (cuasi-periódicos), y por consiguiente de espectro discreto. Las consonantes, por el contrario, se emiten interponiendo algún obstáculo formado por los elementos articulatorios. Los sonidos correspondientes a las consonantes pueden ser tonales o no dependiendo de si las cuerdas vocales están vibrando o no. Funcionalmente, en el castellano las vocales pueden constituir palabras completas, no así las consonantes

### **2.3.4.2 ORALIDAD Y NASALIDAD**

Los fonemas en los que el aire pasa por la cavidad nasal se denominan nasales, en tanto que aquellos en los que sale por la boca se denominan orales. La diferencia principal está en el tipo de resonador principal por encima de la laringe (cavidad nasal y oral, respectivamente). En castellano son nasales sólo las consonantes “m”, “n”, “ñ”.

### **2.3.4.3 TONALIDAD**

Los fonemas en los que participa la vibración de las cuerdas vocales se denominan tonales o, también, sonoros. Todas las vocales son tonales, pero existen varias consonantes que también lo son: “b”, “d”, “m”, entre otras. Aquellos fonemas producidos sin vibraciones Glotales se denominan sordos. Varios de ellos son el resultado de la turbulencia causada por el aire pasando a gran velocidad por un espacio reducido, como las consonantes “s”, “z”, “j”, “f”.

### **2.3.4.4 LUGAR Y MODO DE ARTICULACIÓN (CONSONANTES)**

La articulación es el proceso mediante el cual alguna parte del aparato fonatorio interpone un obstáculo para la circulación del flujo de aire. Las características de la articulación permitirán clasificar las consonantes. Los órganos articulatorios son los labios, los dientes, las diferentes partes del paladar (alvéolo, paladar duro, paladar blando o velo), la lengua y la glotis. Salvo la glotis, que puede articular por sí misma, el resto de los órganos articula por oposición con otro. Según el lugar o punto de articulación se tienen fonemas [LIBRO 3]:

- Bilabiales: oposición de ambos labios.
- Labiodentales: oposición de los dientes superiores con el labio inferior.
- Linguodentales: oposición de la punta de la lengua con los dientes superiores.
- Alveolares: oposición de la punta de la lengua con la región alveolar.
- Palatales: oposición de la lengua con el paladar duro.

- Velares: oposición de la parte posterior de la lengua con el paladar blando.
- Glotales: articulación en la propia glotis

A su vez, para cada punto de articulación ésta puede efectuarse de diferentes modos, dando lugar a fonemas:

- Oclusivos: la salida del aire se cierra momentáneamente por completo, pero solo durante un breve momento, dando lugar a una explosión cuando se abre el tracto vocal, esta duración está en el orden de 10 a 30 ms.
- Fricativos: el aire sale atravesando un espacio estrecho, aumentando enormemente la velocidad del fluido en esa zona, puede tener una duración de más de 100 ms.
- Africados: oclusión seguida por fricación.
- Laterales: la lengua obstruye el centro de la boca y el aire sale por los lados.
- Vibrantes: la lengua vibra cerrando el paso del aire intermitentemente.
- Aproximantes: La obstrucción muy estrecha que no llega a producir turbulencia.

Los fonemas oclusivos (correspondientes a las consonantes “b” inicial o postnasal, “c”, “k”, “d”, “g” inicial, postnasal o postlateral, “p”, “t”) también se denominan a veces explosivos, debido a la liberación repentina de la presión presente inmediatamente antes de su emisión. Pueden ser sordos o sonoros, al igual que los fricativos (“b” postvocálica, postlateral y postvibrante, “g” postvocálica y post vibrante, “f”, “j”, “h” aspirada, “s”, “y”, “z”). Sólo existe un fonema africado en castellano, correspondiente a la “ch”.

En la tabla N° 2.2, se indican las consonantes clasificadas según el lugar y el modo de articulación, la sonoridad y la oro-nasalidad. En algunos casos una misma consonante aparece en dos categorías diferentes, correspondiente a las diferencias observadas.

Tabla N° 2.2: Clasificación de las consonantes de la lengua castellana según el lugar y el modo de articulación y la sonoridad

| Lugar de articulación | Modo de articulación |        |           |        |          |         |          |             |        |
|-----------------------|----------------------|--------|-----------|--------|----------|---------|----------|-------------|--------|
|                       | Oral                 |        |           |        |          |         |          | Nasal       |        |
|                       | Oclusiva             |        | Fricativa |        | Africada | Lateral | Vibrante | Aproximante | Sonora |
|                       | Sorda                | Sonora | Sorda     | Sonora | Sorda    | Sonora  | Sonora   | Sonora      |        |
| Bitabial              | p                    | b,v    |           | b,v    |          |         |          | w           | m      |
| Labiodental           |                      |        | f         |        |          |         |          |             |        |
| Linguodental          |                      |        | z         | d      |          |         |          |             |        |
| Alveolar              | t                    | d      | s         | y      | ch       | l       | r,rr     |             | n      |
| Palatar               |                      |        |           | (y)    | (ch)     | ll      |          | i           | ñ      |
| Velar                 | k                    | g      | j         | g      |          |         |          |             |        |
| Glotal                |                      |        | h         |        |          |         |          |             |        |

Fuente: Robalino, Puente. “Diseño e implementación de un control remoto controlado por órdenes de voz para aplicaciones de control en una vivienda”.  
[http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse\\_itemnumber=8916](http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse_itemnumber=8916)

Los laterales (“l”, “ll”) a veces se denominan líquidos, y son siempre sonoros. Los dos fonemas vibrantes del castellano (consonantes “r”, “rr”) difieren en que en uno de ellos (“r”) se ejecuta una sola vibración y es intervocálico, mientras que en el otro (“rr”) es una sucesión de dos o tres vibraciones de la lengua. Finalmente, los fonemas aproximados (la “i” y la “u” cerradas que aparecen en algunos diptongos) son a veces denominados semivocales, pues en realidad suenan como vocales. Pero exhiben una diferencia muy importante: son de corta duración y no son prolongables.

### 2.3.4.5 POSICIÓN DE LOS ÓRGANOS ARTICULATORIOS (VOCALES)

En el caso de las vocales, la articulación consiste en la modificación de la acción filtrante de los diversos resonadores, lo cual depende de las posiciones de la lengua (tanto en elevación como en profundidad o avance), de la mandíbula inferior, de los labios y del paladar blando. Estos órganos influyen sobre los formantes, permitiendo su control. Podemos clasificar las vocales según la posición de la lengua como se muestra en la tabla N° 2.3.

Tabla N° 2.3: Clasificación de las vocales según la posición de la lengua

| Posición Vertical | Tipo de vocal | Posición Horizontal (avance) |         |           |
|-------------------|---------------|------------------------------|---------|-----------|
|                   |               | Anterior                     | Central | Posterior |
| Alta              | Cerrada       | i                            |         | u         |
| Media             | Media         | e                            |         | o         |
| Baja              | Abierta       |                              | a       |           |

Fuente: Robalino, Puente. “Diseño e implementación de un control remoto controlado por órdenes de voz para aplicaciones de control en una vivienda”. [http://biece.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse\\_itemnumber=8916](http://biece.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse_itemnumber=8916)

Otra cualidad controlable es la labialización, es decir el hecho de que se haga participar activamente los labios. Las vocales labializadas, también definidas como redondeadas, son las que redondean los labios hacia adelante, incrementando la longitud efectiva del tracto vocal. La única vocal labializada en el castellano es la “u”. En las vocales orales el velo (paladar blando) sube, obturando la nasofaringe, lo cual impide que el aire fluya parcialmente por la cavidad nasal. En las vocales nasalizadas (u oronasales) el velo baja, liberando el paso del aire a través de la nasofaringe. Se incorpora así la resonancia nasal.

### 2.3.4.6 DURACIÓN

La duración de los sonidos, especialmente de las vocales, no tiene importancia a nivel semántico en el castellano, pero sí en el plano expresivo, a través de la agogía, es decir el énfasis o acentuación a través de la duración.

### 2.3.4.7 ALFABETO FONÉTICO INTERNACIONAL

Se ha compilado un extenso conjunto de símbolos fonéticos conocido como el Alfabeto Fonético Internacional (International Phonetic Alphabet, IPA) que contiene una gran cantidad de fonemas de los diversos idiomas, y que permite representar de una manera inequívoca los fonemas independientemente del idioma. El subconjunto correspondiente al idioma castellano se indica en la tabla N° 2.4.

Tabla N° 2.4: Fonemas del alfabeto fonético internacional Utilizados en la lengua castellana.

| Fonemas Castellanos |               |        |               |        |                |
|---------------------|---------------|--------|---------------|--------|----------------|
| Sonido              | Ejemplo       | Sonido | Ejemplo       | Sonido | Ejemplo        |
| [p]                 | paso          | [θ]    | zorzal, lápiz | [ɲ]    | mañana, ñoño   |
| [b]                 | base, vena    | [s]    | solo, cosa    | [dʒ]   | yo, Yapeyú     |
| [β]                 | labor, lavar  | [x]    | giro, jarabe  | [j]    | bien, biólogo  |
| [t]                 | tres, canto   | [tʃ]   | hecho, Chubut | [w]    | hueso, buitre  |
| [d]                 | dama, andar   | [r]    | arder, jarabe |        |                |
| [ð]                 | cedro, verdad | [rr]   | perro, rojo   | [a]    | cama           |
| [k]                 | caso, disco   | [l]    | loable, fiel  | [e]    | espera, ver    |
| [g]                 | gula, goma    | [λ]    | llanto, calle | [i]    | vine, iris     |
| [ɣ]                 | agua, negro   | [m]    | mamá, ámbar   | [o]    | loro, pos      |
| [f]                 | fino, tifón   | [n]    | nene, joven   | [u]    | burla, huracán |

Fuente: Robalino, Puente. “Diseño e implementación de un control remoto controlado por órdenes de voz para aplicaciones de control en una vivienda”. [http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse\\_itemnumber=8916](http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse_itemnumber=8916)

### 2.3.5. ANÁLISIS ACÚSTICO ELEMENTAL

Las características espectrales de la señal de voz son no estacionarias, debido a que el sistema físico cambia rápidamente. Sin embargo, la voz es estacionaria a trozos, el análisis se realiza durante periodos cortos de entre 20 a 40 ms. La señal de voz se encuentra limitada a un ancho de banda de 8 KHz, sin embargo la mayor cantidad de información se encuentra en los primeros 4 KHz. Mediante un espectrograma se puede apreciar la periodicidad de un fonema, el cual tiene una frecuencia fundamental y una serie de armónicos separados por distancias iguales en frecuencia. Esta frecuencia fundamental se la conoce como tono o pitch, y es la tasa de vibración principal de las cuerdas vocales, en tanto que el periodo fundamental es el tiempo entre dos aperturas sucesivas de las cuerdas vocales. La frecuencia fundamental en los hombres está entre 50 a 250 Hz, mientras que en las mujeres se encuentra entre 120 a 500 Hz.

En los sonidos vocálicos se observa la presencia de una excitación periódica, por otro lado en los sonidos sordos no existe esta periodicidad en la excitación. En los dos casos aparecen regiones enfatizadas o resonancias, y desenfatzadas o antirresonancias.

Tabla N° 2.5. Valores de frecuencia de los dos primeros formantes de las vocales castellanas.

| Vocal/Formante(Hz) | F <sub>1</sub> | F <sub>2</sub> |
|--------------------|----------------|----------------|
| /i/                | 284            | 2430           |
| /e/                | 527            | 2025           |
| /a/                | 689            | 1458           |
| /o/                | 608            | 1215           |
| /u/                | 243            | 770            |

Fuente: Robalino, Puente. "Diseño e implementación de un control remoto controlado por órdenes de voz para aplicaciones de control en una vivienda". [http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse\\_itemnumber=8916](http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse_itemnumber=8916)

Estas resonancias se deben a las reflexiones del sonido en las cavidades del tracto vocal. Las frecuencias de resonancia dependen de la forma, tamaño y características del tracto vocal al producir cada sonido, por esta razón, cada tracto vocal está caracterizado por un conjunto de resonancias particulares. Estas frecuencias de resonancia se denominan formantes, generalmente se utilizan entre 3 y 5 formantes al tomar como frecuencia de muestreo 8 KHz.

### **2.3.6. DIGITALIZACIÓN DE LA SEÑAL DE VOZ**

Para realizar la digitalización de la señal de voz, primero se debe realizar la conversión de la señal acústica a una señal de tipo eléctrico, esto se logra mediante un transductor, que para nuestro caso, es un micrófono, y finalmente se realiza la conversión de una señal analógica a una digital. Para recuperar la señal inicial a partir de la señal digital, se debe realizar la conversión de la señal digital a señal analógica, y la conversión de señal analógica a señal acústica mediante un parlante.

La conversión análogo-digital requiere de un muestreo de la señal cada cierto intervalo de tiempo, este intervalo de tiempo se lo conoce como periodo de muestreo, y su inverso como frecuencia de muestreo. Es importante tomar una frecuencia de muestreo adecuada, para evitar fenómenos de aliasing, es decir, componentes de alta frecuencia presentes en la banda de interés. El teorema de Nyquist indica que para no tener problemas con fenómenos de aliasing, se debe muestrear como mínimo al doble del ancho de banda de la señal.

Es recomendable, antes de muestrear la señal pasarla por un filtro pasa bajos antialiasing para atenuar las componentes de alta frecuencia de la señal o el ruido, de manera que limite el ancho de banda de la señal analógica. También se debe muestrear la señal filtrada a una frecuencia ligeramente mayor al doble del ancho de banda de la señal [LIBRO 5].

### 2.3.7. CODIFICACIÓN DE VOZ

La codificación de voz busca reducir la cantidad de bits que se necesitan para almacenar o transmitir una señal de voz, en otras palabras se trata de eliminar la redundancia de la señal, de manera que la señal comprimida con respecto a la señal original sea lo más parecida posible. Es decir, la inteligibilidad del mensaje no debe perderse, además debe existir un compromiso entre la calidad de la señal y la tasa de compresión.

Los codificadores de voz se pueden clasificar en tres grupos:

- Codificadores de onda
- Codificadores paramétricos
- Codificadores híbridos.

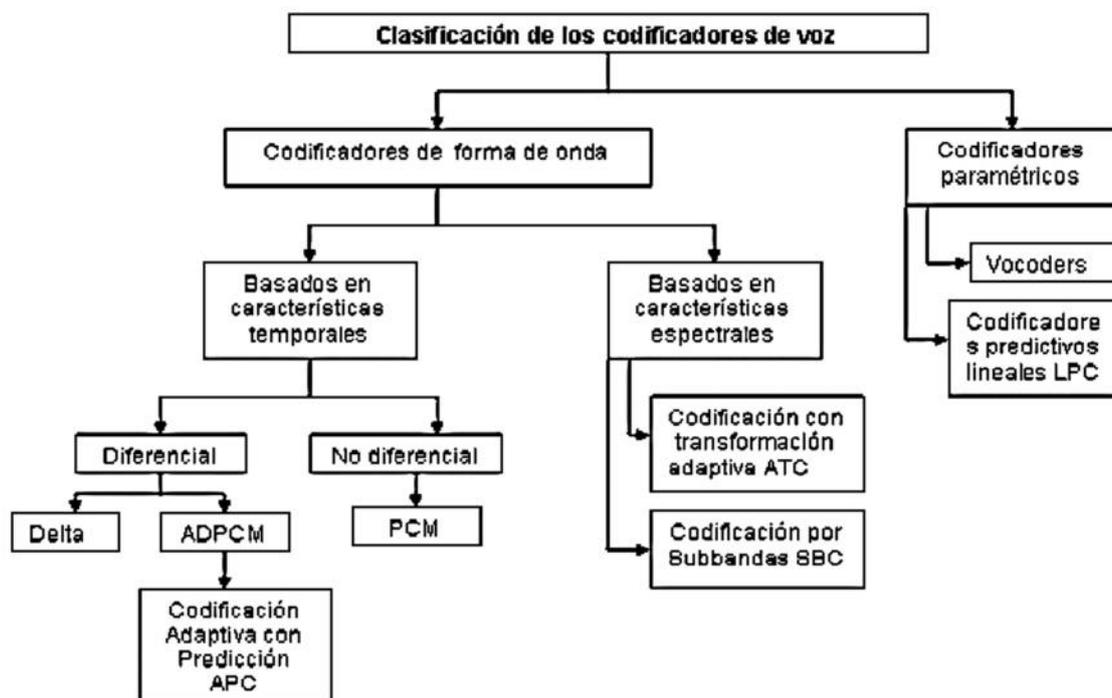


Fig. N° 2.9. Clasificación de los codificadores de voz.

Fuente: Robalino, Puente. “Diseño e implementación de un control remoto controlado por órdenes de voz para aplicaciones de control en una vivienda”. [http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse\\_itemnumber=8916](http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse_itemnumber=8916)

### **2.3.7.1. CODIFICADORES DE FORMA DE ONDA**

Los codificadores de forma de onda intentan reproducir la forma de la onda de la señal de entrada. Generalmente se diseñan para ser independientes de la señal, de tal forma que pueden ser usados para codificar una gran variedad de señales. Presentan una degradación aceptable en presencia de ruido y errores retransmisión. Sin embargo, para que sean efectivos, sólo se deben usar a tasas de muestreo medias. La codificación se puede llevar a cabo tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia.

#### **a) Codificadores en el dominio del tiempo**

Se caracterizan por ser: sencillos de implementar; presentan bajo retardo; no utilizan un modelo específico de la señal de voz y por tanto son muy generales y trabajan a regímenes binarios en torno a 32 Kbps Dentro de este grupo tenemos los siguientes codificadores: PCM (Pulse Code Modulación), DPCM (Differential Pulse Code Modulation) y ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation).

#### **b) Codificación en el dominio de la frecuencia**

Este tipo de codificadores dividen la señal en distintas componentes en frecuencia y codifican cada una de éstas de forma independiente. El número de bits usados para codificar cada componente en frecuencia puede variar dinámicamente.

### **2.3.7.2. CODIFICADORES PARAMÉTRICOS**

Los codificadores de forma de onda no tienen en cuenta la naturaleza de la señal a codificar. Sin embargo, si codificamos una señal de voz, podemos aprovechar sus características intrínsecas para que la

codificación se realice de forma más eficiente. Así, los vocoders (Voicecoders) suponen un modelo digital de producción de voz.

Los vocoders intentan producir una señal que suene como la voz original, independientemente de si la forma de onda se parece o no. En el transmisor se analiza la voz y se extraen los parámetros del modelo y la excitación. Esta información se envía al receptor donde se sintetiza la voz. El resultado es que se produce voz inteligible a muy baja velocidad de muestreo, pero tiene el problema de que no suena natural.

### 2.3.8. MODULACIÓN POR IMPULSOS CODIFICADOS

La modulación por impulsos codificados (*PCM Pulse Code Modulation*) es un procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits (señal digital). Una trama o stream PCM es una representación digital de una señal analógica en donde la magnitud de la onda analógica es tomada en intervalos uniformes (muestras), cada muestra puede tomar un conjunto finito de valores, los cuales se encuentran codificados [WEB 3].

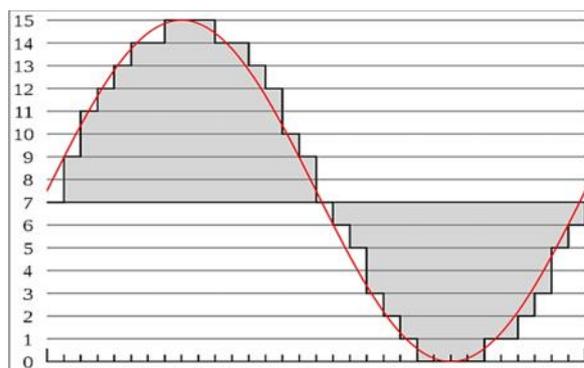


Fig. N° 2.10. Muestreo y cuantificación de una onda senoidal (roja) en código PCM de 4-bits

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n\\_por\\_impulsos\\_codificados](http://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_por_impulsos_codificados)

En la figura N° 2.11 se muestra la disposición de los elementos que componen un sistema que utiliza la modulación por impulsos codificados.

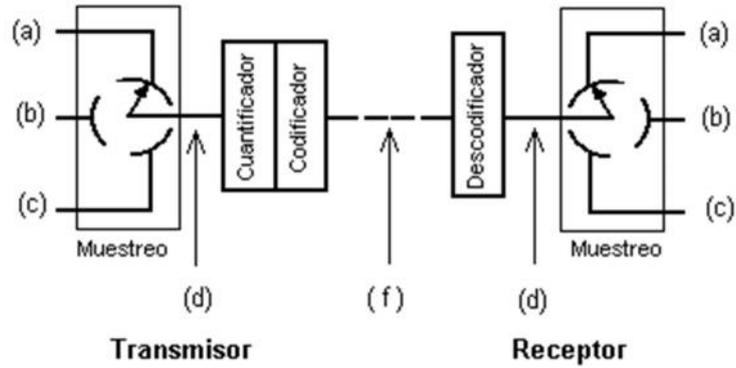


Fig. N° 2.11. Diagrama de modulación PCM

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n\\_por\\_impulsos\\_codificados](http://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_por_impulsos_codificados)

En la figura N° 2.12 tenemos las formas de onda en distintos puntos del sistema anteriormente representado

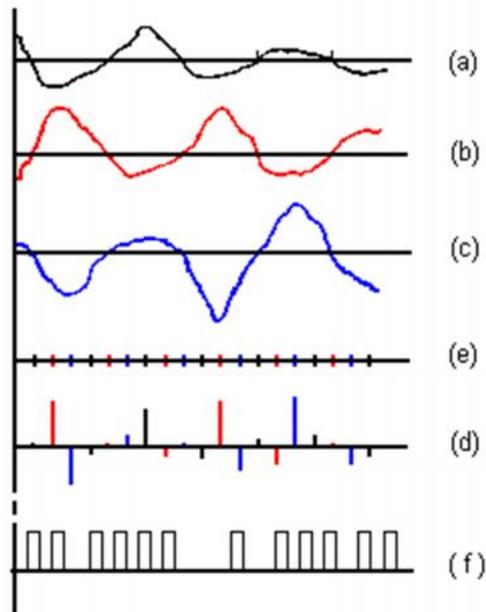


Fig. N° 2.12. Señales obtenidas en el proceso PCM

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n\\_por\\_impulsos\\_codificados](http://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_por_impulsos_codificados)

### **2.3.8.1.ETAPAS DEL SISTEMA**

#### **A) Muestreo**

Se toman  $n$  muestras por segundo, de tal manera que se obtiene  $n$  niveles de tensión por segundo, por ello en el ejemplo gráfico es la forma de onda (d).

De acuerdo al teorema de muestreo, se debe tomar una frecuencia superior al doble de la frecuencia más alta de la señal, estas muestras contendrán la información necesaria para recuperar la señal original. Por ello en una señal de voz es suficiente tomar 8000 muestras la frecuencia de muestreo es 8 KHz, ya que la frecuencia más elevada es 4 KHz, la frecuencia más alta transmitida es 3.4 KHz y 4 KHz eleva ese valor, el tiempo de separación entre muestras es 125  $\mu$ seg, y dicho tiempo puede ser destinado al muestreo de otros canales usando multiplexación por división de tiempo del muestreo.

#### **B) Cuantificación**

A cada nivel de tensión del muestreo se le asigna un valor discreto determinado, al tener las muestras un infinito número de valores, para que el proceso sea más simple, se realiza una aproximación hacia el valor más cercano del grupo de valores predeterminados.

#### **C) Codificación**

Se asigna a cada nivel de cuantificación un código binario, el cual debe ser distinto para cada uno, la señal al ser ya codificada esta lista para proceder a transmitirla, la forma de onda sería la obtenida en el literal f de la figura.

#### **D) Recuperación de la señal analógica**

Para la recepción el proceso es inverso, la señal que se recompone será muy parecida a las señales en el proceso de modulación, en el

proceso de cuantificación al realizar aproximaciones se produce la distorsión conocida como ruido de cuantificación. Esta distorsión se minimiza al máximo en los sistemas normalizados, por lo que la señal que se recupera es casi exacta a la original.

## **2.4. RECONOCIMIENTO DE VOZ**

Es el proceso automático de conversión de palabras habladas a palabras escritas para que el dispositivo receptor tenga la capacidad de entender el lenguaje hablado y luego pueda realizar funciones específicas. Entre los campos de aplicación del reconocimiento de voz se tiene: sistemas de seguridad, telefonía, sistemas de control, sistemas de entrada de datos y acceso a bases de datos, etc. Generalmente se deben cumplir tres tareas:

- Pre-procesamiento: convertir la señal análoga a digital, es decir convertir la voz a una manera en que el reconocedor pueda procesar.
- Reconocimiento: interpretar lo que se dijo, se hace una traducción de señal a texto.
- Comunicación: enviar lo reconocido para efectuar las acciones correspondientes en el sistema.

Los procesos de pre-procesamiento, reconocimiento y comunicación no son visibles al usuario. Se utilizan características tales como la velocidad y certeza en el reconocimiento para evaluar que tan bueno es el sistema de reconocimiento de voz [LIBRO 6].

## **2.4.1. TECNOLOGÍAS DEL RECONOCIMIENTO DE VOZ**

Reconocimiento de Voz es un término usado de manera general para referirse a un conjunto de aplicaciones relacionadas con el distinguir a una persona, o interpretar lo que ésta dice basándose en el sonido de su voz . De acuerdo con lo anterior se puede realizar una clasificación mucho más específica del reconocimiento de voz. Entre estas podemos mencionar: Identificación del locutor, Verificación del locutor, Selección del Locutor, Reconocimiento del Habla [WEB 4].

### **2.4.1.1. Identificación del Locutor**

El objetivo es identificar a una persona, la cual pertenece a un grupo de usuarios, por medio de una muestra de su voz. En la identificación del locutor, la pronunciación de una frase, de un locutor desconocido es analizada y comparada con el modelo de un locutor conocido. Mediante la comparación de los datos de entrada y los datos almacenados en memoria durante el proceso de entrenamiento, se decidirá la identidad del locutor.

### **2.4.1.2. Verificación del Locutor**

En este caso el locutor proporciona su identidad, y el sistema se encarga de comprobar los datos de entrada con los almacenados en memoria de ese mismo locutor, para comprobar si es quien dice ser. En este caso se maneja una referencia para realizar la comparación. La referencia puede ser muy restrictiva con el fin de hacer difícil el ingreso a impostores, pero se corre el riesgo de rechazar a una persona legítima. Un umbral bajo para realizar la comparación garantiza que un locutor legítimo sea aceptado, pero se corre el riesgo de que un impostor sea aceptado por el sistema.

### **2.4.1.3. Reconocimiento del Habla**

El Reconocimiento del Habla se encarga de identificar el contenido de los mensajes hablados. A continuación se realiza una clasificación más detallada de esta área del Reconocimiento de Voz.

#### **a) Dependiente del Locutor**

Se entrena el sistema para que reconozca, solo la voz del locutor que lo ha entrenado.

#### **b) Independencia del Locutor**

En la etapa de entrenamiento se emplean las señales de varios locutores, para que durante una prueba se pueda reconocer la voz de varios locutores.

## **2.5. TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO DEL HABLA**

El reconocimiento del habla tiene por objetivo interpretar el contenido del mensaje. Por este motivo, a continuación se revisan de manera general las principales técnicas utilizadas para este efecto.

### **2.5.1. ALINEAMIENTO TEMPORAL DINÁMICO (DTW)**

El alineamiento temporal dinámico, es un método que permite alinear temporalmente, las características de la palabra que se quiere reconocer con las características de la palabra de referencia, mediante programación dinámica. Esto se debe a que la duración temporal de la pronunciación de una palabra, no siempre es la misma. Por este motivo, antes de realizar la comparación, se debe alinear previamente las características de la palabra de prueba, con los modelos de palabras obtenidos en la fase de entrenamiento.

Para aplicar El alineamiento temporal dinámico DTW, se debe dividir a cada palabra de referencia en tramas, y aplicar a estas un análisis como por ejemplo LPC (Lineal Predictive Coding), de esta manera podemos modelar cada palabra como una secuencia de vectores de características. Igual procedimiento se debe aplicar a la palabra de prueba, en las mismas condiciones que se realizaron para las palabras de referencia. Luego se hace coincidir la secuencia de vectores de características, de la palabra de prueba con la palabra de referencia, de modo que estas queden alineadas en tiempo lo mejor que se pueda lograr [WEB 5].

### 2.5.1.1. DESCRIPCIÓN DEL ALINEAMIENTO TEMPORAL DINÁMICO.

Una medida de la distancia entre dos vectores de características, permite determinar la similitud o diferencia entre los dos vectores. La distancia Euclidiana, es una medida que se puede utilizar para este efecto.

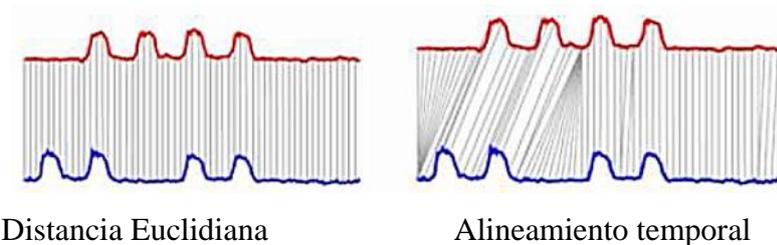


Fig. N° 2.13: Comparación entre la distancia euclidiana y el alineamiento temporal.

Fuente: [http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse\\_itemnumber=8916](http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse_itemnumber=8916)

La limitación de utilizar la distancia Euclidiana, es por ejemplo, en el caso de tener dos vectores de características idénticas, pero uno desplazado ligeramente en el eje del tiempo del otro, la

distancia Euclidiana, establecería que un vector es diferente del otro, esto se debe a que la comparación se realiza punto por punto. El alineamiento temporal permite vencer la limitación de la distancia euclidiana. En la figura N° 2.13, se puede apreciar la comparación entre la distancia Euclidiana y el alineamiento temporal [WEB 6].

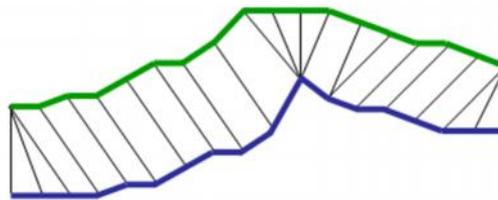


Fig. N° 2.14: Alineamiento temporal entre dos series temporales.

Fuente: [http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse\\_itemnumber=8916](http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse_itemnumber=8916)

Supongamos que tenemos dos vectores de características A y B (donde un vector corresponde a las características de la palabra de prueba y el otro vector a las características de la palabra de referencia) cada una de longitud m y n respectivamente, en dónde.

$$A = a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n$$

$$B = b_1, b_2, \dots, b_j, \dots, b_m$$

Para alinear las dos secuencias usando el alineamiento temporal dinámico, debemos construir una matriz de dimensiones n por m, donde el  $(i, j)$  elemento de la matriz contiene la distancia  $d(x_i, y_j)$  entre los puntos  $x_i$  e  $y_j$  (puede ser la distancia euclidiana). Cada elemento de la matriz  $(i, j)$  corresponde a la alineación entre el punto  $x_i$  e  $y_j$ . Esto se puede apreciar en la figura 2.15. Un camino de alineación W, es un conjunto continuo de elementos de la matriz que

definen una trayectoria entre X e Y. El  $k$ mo elemento es definido como  $w_k = (i, j)$ , en donde se tiene:

$$W = w_1, w_2, \dots, w_k \quad \max(m, n) \leq K < m + n - 1$$

El camino de alineación está sujeto a varias restricciones.

El camino de alineación debe empezar en el inicio de cada vector en  $w_1 = (1, 1)$  y termina en el final de los dos vectores en  $w_k = (m, n)$ . Esto exige que el camino de alineación empiece y termine diagonalmente entre las dos esquinas opuestas de la matriz.

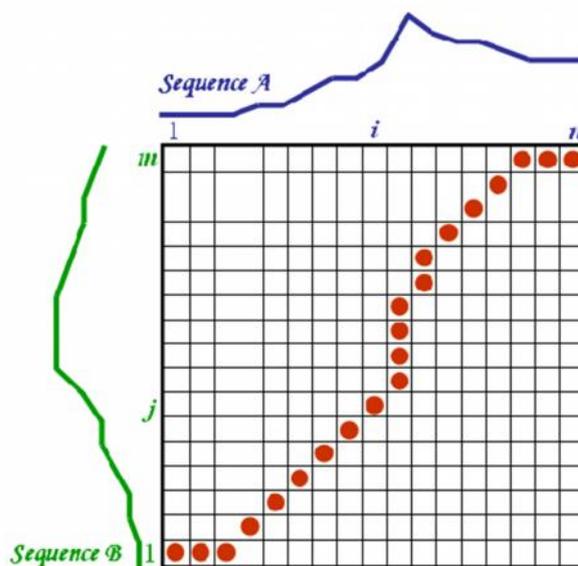


Fig. N° 2.15: Matriz de costo y distancia mínima para el camino de alineación.

Fuente: Robalino, Puente. “Diseño e implementación de un control remoto controlado por órdenes de voz para aplicaciones de control en una vivienda”. [http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse\\_itemnumber=8916](http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse_itemnumber=8916)

Dado el elemento  $w_k = (a, b)$  entonces  $w_{k-1} = (a', b')$  donde  $a - a' \leq 1$  y  $b - b' \leq 1$ . Esto restringe los pasos permitidos a las celdas adyacentes para el camino de alineación.

Dado  $w_k=(a, b)$  entonces  $w_{k-1}=(a', b')$  donde  $a-a' \geq 0$  y  $b-b' \geq 0$ . Esto obliga a que los puntos en  $W$  estén monótonamente espaciados en el tiempo.

Existen gran cantidad de caminos de alineación que cumplen las condiciones mencionadas anteriormente. Sin embargo, el camino de interés es aquel que minimiza el costo del alineamiento. Este camino puede ser encontrado usando la programación dinámica, este método permite evaluar la siguiente iteración la cual define la distancia acumulada  $\gamma(i, j)$  como la distancia  $d(i, j)$  encontrada en la actual celda y la mínima de las distancias acumuladas para los elementos adyacentes.

$$\gamma(i, j) = d(x_i, y_j) + \min[\gamma(i-1, j-1), \gamma(i-1, j), \gamma(i, j-1)]$$

Si los vectores de características  $A$  y  $B$ , son idénticos, el camino de alineación que pasa por la matriz es una línea recta diagonal.

## 2.5.2. MODELOS OCULTOS DE MARKOV (MOM)

Los Modelos Ocultos de Markov fueron introducidos y estudiados a finales de 1960 y principios de 1970. Las bases teóricas fueron publicadas por L.E. Rabiner y sus colegas, y fueron implementadas para aplicaciones de procesamiento de la voz por Baker en CMU (Carnegie Mellon University), y por Jelinek y sus colegas en IBM (International Business Machines Corporation) alrededor de 1970. Sin embargo, los MOM, son ampliamente comprendidos y aplicados en aplicaciones del procesamiento de voz varios años más tarde. La razón por la cual los MOM son ampliamente utilizados, se debe a que los modelos poseen una rica estructura matemática y permiten

formar la base teórica para utilizarse en una variedad de aplicaciones, además cuando son usados en la práctica trabajan muy bien [LIBRO 4].

A continuación se estudiará un modelo de Markov, en el cual, la observación es una función probabilística del estado, por ejemplo, el modelo resultante (conocido como Modelo Oculto de Markov) es un proceso doblemente estocástico, con un proceso estocástico no observable (es oculto), pero solo es observado por otro conjunto de procesos estocásticos que producen la secuencia de observaciones. Considere el siguiente modelo que corresponde a una urna y bolas.

**a) Modelo de una urna y bolas**

Para comprender el funcionamiento de los MOM, consideremos el sistema de urnas con bolas, indicado en la figura 2.16, el cual ilustra el caso general de un MOM de símbolos discretos.

Nosotros asumimos que tenemos  $N$  urnas de vidrio en un cuarto. Dentro de cada urna tenemos un gran número de bolas de diferentes colores. También asumimos que tenemos  $M$  distintos colores de bolas. El proceso físico para obtener las observaciones es el siguiente. Una persona dentro de un cuarto, y de acuerdo a algún proceso aleatorio, escoge una urna. De esta urna, una bola es escogida en forma aleatoria, y el color es tomado como la observación. La bola es entonces reemplazada en la urna de la cual fue seleccionada. Una nueva urna es entonces seleccionada de acuerdo al proceso aleatorio asociado a la actual urna, y el proceso de selección de la bola se repite. Todo este proceso genera una secuencia finita de observación de colores.



Fig. N° 2.16: Modelo de urna y bolas con n-estados.

Fuente: Robalino, Puente. “Diseño e implementación de un control remoto controlado por órdenes de voz para aplicaciones de control en una vivienda”. [http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse\\_itemnumber=8916](http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse_itemnumber=8916)

Es claro para este simple MOM que corresponde al sistema formado por las urnas y las bolas, que cada estado corresponde a una urna específica, para la cual, un posible color (una bola) está definido para cada estado. La selección de la urna está gobernada por la matriz de transición de estados del MOM.

### 2.5.2.1. ELEMENTOS DE UN MOM

El ejemplo mencionado anteriormente, permite comprender que es un MOM y como puede ser aplicado. A continuación definiremos los elementos de un MOM y explicaremos como el modelo genera las secuencias de observación [WEB 6].

Un MOM es representado por lo siguiente:

- 1)  $N$ , es el número de estados en el modelo. Aunque los estados son ocultos, para muchas aplicaciones, frecuentemente hay algún significado físico vinculado con el estado o el conjunto de estados del modelo. Por ejemplo, en el modelo de la urna y bolas, los estados corresponden a las urnas. Generalmente los estados están interconectados,

en tal manera, que cualquier estado puede ser alcanzado, desde cualquier otro estado (por ejemplo un modelo ergódico). Nosotros representaremos los estados como  $S = \{S1, S2, \dots, SN\}$ , y el estado en el tiempo  $t$  como  $q_t$ .

2)  $M$ , es el número de símbolos distintos observados por estado, por ejemplo, el tamaño de un alfabeto discreto. Los símbolos observados corresponden a la salida física del sistema que está siendo modelado. Para el ejemplo del modelo de urnas y bolas, los símbolos observados fueron los colores de las bolas seleccionadas de la urna. Nosotros denotamos los símbolos de manera individual como  $V = \{V1, V2, \dots, VM\}$ .

3) La distribución de probabilidad de transición de estado se define como  $A = \{a_{ij}\}$ , donde:

$$a_{ij} = P[q_{t+1} = S_j | q_t = S_i] \quad 1 \leq i, j \leq N$$

Para el caso especial donde cualquier estado puede alcanzar a cualquier otro estado en un simple paso, nosotros tenemos  $a_{ij} > 0$  para todo  $i, j$ . Para otros tipos de MOM, nosotros tendríamos  $a_{ij} = 0$  para una o más parejas  $(i, j)$ .

4) La distribución de probabilidad de observación de símbolo en cada estado es  $B = \{b_j(k)\}$ , donde:

$$b_j(k) = P[V_k \text{ en } t | q_t = S_j], \quad 1 \leq j \leq N$$

$$1 \leq k \leq M$$

5) La distribución de probabilidad del estado inicial se define como  $\pi = \{\pi_j\}$  donde:

$$\pi_i = P[q_1 = S_i] \quad 1 \leq i \leq N$$

Fijados valores apropiados para  $N$ ,  $M$ ,  $A$ ,  $B$  y  $f$ , los MOM pueden usarse como un generador para dar una secuencia de observaciones (donde cada observación  $O_t$  es uno de los símbolos de  $V$ , y  $T$  es el número de observaciones en la secuencia)

$$O = O_1 O_2 \dots O_t$$

La simulación de un MOM implica los pasos que siguen:

1. Escoger un estado inicial  $q_1 = S_i$  de acuerdo a la distribución de estado inicial  $\pi$ .
2. Poner  $t=1$
3. Escoger  $O_t = V_k$  de acuerdo a la distribución de probabilidad de símbolo en el estado  $S_i$ , por ejemplo  $b_i(k)$ .
4. Pasar a un nuevo estado  $q_{t+1} = S_j$ , según la distribución de probabilidad de transición para el estado  $S_i$ , por ejemplo,  $a_{ij}$ .
5. Poner  $t = t + 1$ , regresar al paso 3, si  $t < T$ , caso contrario se termina el proceso.

El procedimiento descrito puede ser utilizado como un generador de observaciones, o también como un modelo para el cual una secuencia de observación dada fue generada por un apropiado MOM.

Una completa especificación de un MOM requiere especificar dos parámetros del modelo ( $N$  y  $M$ ), especificación de los símbolos observados y la especificación de las medidas probabilísticas  $A$ ,  $B$ , y  $f$ . Por conveniencia, usamos la notación compacta, para indicar todos los parámetros del modelo.

$$\lambda = (A, B, \pi)$$

### 2.5.2.2. PROBLEMAS BÁSICOS PARA UN MOM

Existen tres problemas de interés en los MOM, que deben resolverse para que sean útiles en aplicaciones del mundo real. Estos problemas son los siguientes:

Problema 1:

Dado la secuencia de observación  $O = O_1, O_2, \dots, O_t$ , y el modelo  $\lambda = (A, B, \pi)$ , ¿cómo hacer eficiente en tiempo de cómputo, la probabilidad de la secuencia de observación dado el modelo  $P(O|\lambda)$ ?

Este primer paso, es la evaluación del problema: dado un modelo y una secuencia de observaciones, como calcular la probabilidad que la secuencia observada fue producida por el modelo. También podemos ver el problema como una calificación, de que bien un modelo dado se ajusta a las secuencias observadas. El último punto de vista es sumamente útil. Por ejemplo, en el caso, en el cual nosotros estamos tratando de escoger un modelo, de una serie de modelos, la solución al problema 1 nos permite escoger el modelo que mejor se ajuste a las observaciones. El mejor procedimiento para resolver este problema es el algoritmo de avance – retroceso conocido en la terminología inglesa como algoritmo Forward – Backward principalmente porque reduce significativamente el coste computacional.

Problema 2:

Dada la secuencia de observación  $O = O_1, O_2, \dots, O_t$ , y el modelo  $\lambda$ , ¿cómo encontrar la secuencia de estados  $Q = q_1 q_2 \dots q_T$ , que mejor explique las observaciones?

Al resolver el problema 2, nosotros intentamos descubrir la parte oculta del modelo, por ejemplo, escoger la correcta secuencia de estados. Para situaciones prácticas, utilizamos un criterio que sea óptimo para resolver el problema como mejor sea posible. Desafortunadamente, hay varios criterios, que pueden ser adoptados, la selección del criterio depende del uso pensado para la secuencia de estados descubierta. Un método se basa en métodos de programación dinámica, y se conoce con el nombre de Algoritmo de Viterbi.

Problema 3:

¿Cómo ajustar los parámetros del modelo  $\lambda = (A, B, \pi)$  para maximizar  $P(O|\lambda)$ ?

Al resolver el problema 3, intentamos optimizar los parámetros del modelo. La secuencia de observaciones usada para ajustar los parámetros del modelo es llamada secuencia de entrenamiento, puesto que esta es usada para entrenar el MOM. El entrenamiento es un problema crucial en una variedad de aplicaciones de MOM, puesto que esto permite adaptar los parámetros del modelo óptimamente a los datos de entrenamiento observados, por ejemplo, crear el mejor modelo para un fonema real. No se conoce una solución analítica para el modelo, que maximice la probabilidad de la secuencia de observación. De hecho, dada cualquier secuencia de observación finita como dato de entrenamiento, no hay una manera óptima de estimar los parámetros del modelo. Sin embargo, se puede escoger  $\lambda = (A, B, \pi)$  tal que  $P(O|\lambda)$  sea maximizado localmente usando procedimientos iterativos como el método de Baum – Welch, o usando el método del gradiente.

### **2.5.3. REDES NEURONALES ARTIFICIALES**

Una Red Neuronal Artificial es una técnica de procesamiento de datos que se basa en el sistema nervioso. Tanto animales como humanos somos capaces de reaccionar adaptándonos a cambios en nuestro ambiente externo o interno, para realizar dichos cambios utilizamos el sistema nervioso. El objetivo de las redes neuronales artificiales es emular el comportamiento del sistema nervioso, para realizar tareas como reconocimiento de imágenes, interpretación de sonidos, en general tareas de procesos de reconocimiento y aprendizaje [WEB 7].

#### **2.5.3.1. DEFINICIÓN DE UNA RED NEURONAL**

No existe una sola definición para describir lo que es una red neuronal, por esta razón a continuación mencionamos algunas:

Una neurona es una célula viva, y como tal, contiene los mismos elementos que forman parte de todas las células biológicas, además, de poseer elementos característicos que la diferencian. En general una neurona consta de un cuerpo celular más o menos esférico de 5 a 10 micras de diámetro, del que sale una rama principal el axón, y varias ramas más cortas denominadas dendritas.

Una red neuronal es una estructura de procesamiento de información paralela y distribuida, que intenta emular las funciones computacionales elementales de la red nerviosa del cerebro humano, en base a la interconexión de multitud de elementos de procesamiento, cada uno de los cuales presenta un comportamiento completamente local.

### 2.5.3.2. VENTAJAS DE LAS REDES NEURONALES.

**Aprendizaje:** consiste en la habilidad de aprender mediante una etapa de aprendizaje que consiste en proporcionar a la RNA datos como entrada a su vez que se le indica cuál es la salida (respuesta) esperada.

**Auto organización:** crea su propia representación de la información en su interior. Sin necesidad de una “programación explícita”.

**Tolerancia a fallos:** Almacena la información de forma redundante, ésta puede seguir respondiendo aceptablemente aún si se daña parcialmente.

**Flexibilidad:** puede manejar cambios no importantes en la información de entrada, como señales con ruido u otros cambios en la entrada, por ejemplo, si la información de entrada es la imagen de un objeto, la respuesta correspondiente es acertada, incluso si la imagen tiene parámetros de luz ligeramente distintos o el objeto cambia ligeramente de posición

**Tiempo real:** es paralela, si se implementa con computadoras o en dispositivos electrónicos que utilicen dicha paralelización se pueden obtener respuestas en tiempo real, de la misma manera que el cerebro es capaz de procesar cantidades ingentes de información en paralelo sin un esfuerzo aparente: comprensión de imágenes, comprensión de sonidos, comprensión de parámetros táctiles, de calor y movimiento.

### 2.5.3.3. COMPARACIÓN ENTRE LAS REDES NEURONALES Y LOS COMPUTADORES DIGITALES.

Tabla N° 2.6: Comparación entre las redes neuronales y los computadores digitales

| <b>REDES NEURONALES</b>   | <b>COMPUTADORES DIGITALES</b>  |
|---|--|
| Las redes neuronales, tienen un razonamiento inductivo, dados los datos de entrada y salida, reconstruyen las reglas.             | Tienen un razonamiento deductivo, se aplica reglas conocidas en la entrada de datos para producir la salida. |
| En una red neuronal el cómputo es colectivo, asincrónico y paralelo.  | En un computador el computo es centralizado, sincrónico y serial.  |
| Una red neuronal es inexacta.   | Un computador digital es exacto  |
| En una red neuronal la conectividad es dinámica.  | Un computador digital tiene conectividad estática  |
| Una red neuronal es un sistema redundante y que comparte responsabilidades, por esta razón es tolerante fallas.                   | Un computador digital no es tolerante a fallas.  |
| En una red neuronal la memoria es distribuida.  | En un computador digital la memoria es centralizada.   |
| Una red neuronal se puede adaptar, en el caso de tener reglas desconocidas o complicadas, o si los datos de entrada tienen ruido. | Un computador digital es aplicable en el caso de tener bien claras las reglas como los datos de entrada.     |

Fuente: Villacis, Jendry. “Sistema de control electrónico por comandos de voz para prototipo de robot compañero”.  
<http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/161>

#### **2.5.3.4. APLICACIONES DE LAS REDES NEURONALES.**

- a) Medicina: Las aplicaciones en medicina encuentran especialmente en problemas de diagnóstico médico. Por ejemplo: diagnóstico de cardiopatías, detección de tumores cancerígenos, compresión de señales electrocardiográfica, predicción de enfermedades degenerativas.
  
- b) Procesamiento de la señal: En esta área las redes neuronales han encontrado un amplio campo de aplicación. Algunos problemas de clasificación donde se aplican las redes neuronales serían: Ecuilibración de canales de comunicación, reconocimiento de patrones en imágenes, reconocimiento de voz, eliminación activa de ruido, control.
  
- c) Economía: En este campo, donde hay que tomar decisiones entre varias alternativas, las redes neuronales son directamente aplicables. Así algunas de estas aplicaciones serían: concesión de créditos, detección de posibles fraudes en tarjetas de crédito, determinación de la posibilidad de quiebra de un banco, predicción del gasto eléctrico de empresas y centrales, predicción de existencias.
  
- d) Medio Ambiente: El ambiente es dinámico y no lineal, cualquier método aplicado a este campo necesariamente debe tener en cuenta estas características. Tenemos, pues, otro campo importante de aplicación de las redes neuronales. Algunas aplicaciones de éstas serían: predicción de irradiación solar, predicción de niveles tóxicos de ozono en zonas urbanas y rurales, previsión del tiempo [LIBRO 5].

### 2.5.3.5. FUNDAMENTOS DE LAS REDES NEURONALES

Los elementos básicos de un sistema neuronal biológico son las neuronas, que se agrupan en conjuntos compuestos por millones de ellas organizadas en capas, constituyendo un sistema con funcionalidad propia. Un conjunto de estos subsistemas da lugar a un sistema global.

Las neuronas a diferencia del resto de células tienen la capacidad de comunicarse. Las dendritas y el cuerpo celular reciben las señales de entrada, el cuerpo celular las combina e integra y emite señales de salida. El axón transporta esas señales a los terminales axónicos. En la figura 2.17, se puede apreciar las partes de una neurona biológica.

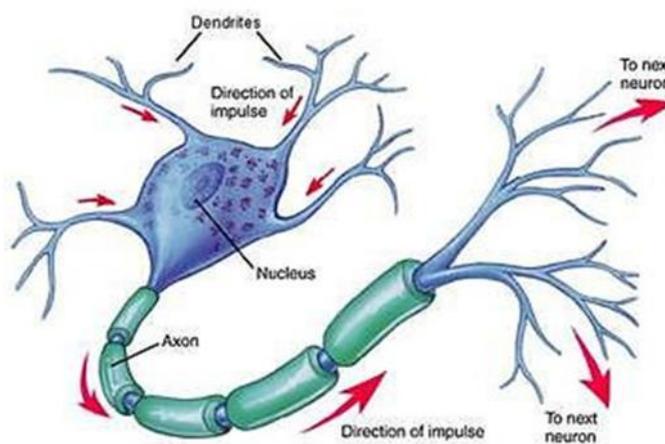


Fig. N° 2.17: Forma de una neurona.

Fuente: <http://tusistemanervioso.blogspot.com/2008/02/tipos-de-neuronas.html>

En la figura 2.18 podemos ver una RNA como una colección de procesadores paralelos conectados entre ellos en forma de un grafo dirigido, organizados de tal manera que la estructura de la red nos lleva por sí misma a considerarla como una característica

a tener en cuenta a la hora de crear una RNA. Podemos representar de manera sistemática cada elemento de proceso (unidad) de la red como un nodo, con conexiones entre unidades representadas mediante arcos, además estos arcos nos indican la dirección en la que fluye la información.

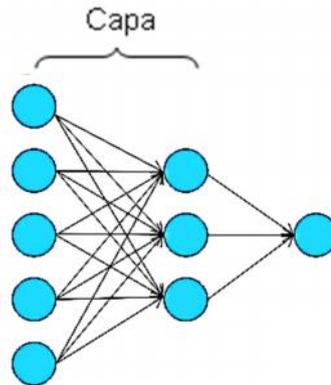


Fig. N° 2.18: Ejemplo de una red neuronal artificial.

Fuente: Robalino, Puente. “Diseño e implementación de un control remoto controlado por órdenes de voz para aplicaciones de control en una vivienda”.  
[http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse\\_itemnumber=8916](http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse_itemnumber=8916)

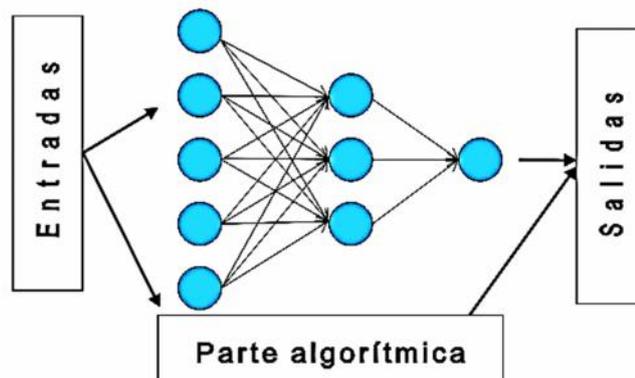


Fig. N° 2.19: Sistema Neuronal Artificial.

Fuente: Robalino, Puente. “Diseño e implementación de un control remoto controlado por órdenes de voz para aplicaciones de control en una vivienda”.  
[http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse\\_itemnumber=8916](http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opac-etail.pl?biblionumber=7482&shelfbrowse_itemnumber=8916)

## 2.6. MÓDULO DE RECONOCIMIENTO DE VOZ

Este módulo puede reconocer la voz y se puede configurar a través de la interfaz de puerto serie. Con este módulo, podemos controlar el carro u otros dispositivos eléctricos mediante la voz.

El módulo de reconocimiento de Voz, Modelo: AU\_VOI\_REC\_00A, puede almacenar 15 bloques de instrucción de voz. Esos 15 bloques se dividen en tres grupos de 5. Primero se debe programar los grupos de instrucciones de voz por separado, para reconocer un comando programado de un grupo específico, se debe importar el grupo que contenga dicho comando y si se desea leer un comando de otro grupo, este otro grupo deberá también ser importando antes de su uso.

Este módulo es dependiente del hablante. Si otro usuario habla la misma instrucción de voz, no puede identificar esa instrucción. Tener en cuenta que la dependencia requiere de un buen micrófono [WEB 8].

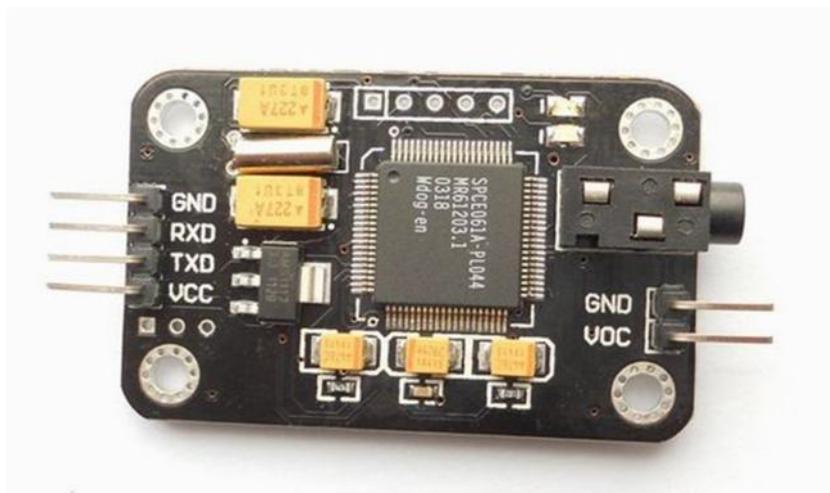


Fig. N° 2.20: Módulo de Reconocimiento de Voz, Modelo: AU\_VOI\_REC\_00A

Fuente: [http://www.elehouse.com/elehouse/index.php?main\\_page=product\\_info&cPath=168\\_170&products\\_id=2151](http://www.elehouse.com/elehouse/index.php?main_page=product_info&cPath=168_170&products_id=2151)

## 2.6.1. CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO DE RECONOCIMIENTO DE VOZ AU\_VOI\_REC\_00A

### A) PARÁMETROS

- Voltaje: 4.5 - 5.5V
- corriente: < 40mA
- Interfaz Digital: 5V TTL nivel de interfaz UART
- interfaz analógica: 3,5 mm mono-canal conector de micrófono + pin interfaz de micrófono
- Tamaño: 30 mm x 47.5 mm
- Reconocimiento con precisión: 99%(en un entorno ideal)

### B) COMANDO SERIAL

Este módulo puede ser configurado por el envío de comandos a través del puerto serie. Después de ser apagado la configuración no se borra.

Su interfaz es de 5V TTL. El formato de datos en serie es de 8 bits de datos, sin paridad, 1 bit de parada. La velocidad en baudios predeterminada es de 9600 y la velocidad se puede cambiar.

Formato del comando es "Cabecera + tecla". "Cabecera" es 0xAA, y "tecla" es el siguiente:

Tabla 2.7: Comandos del módulo AU\_VOI\_REC\_00A

| <i>Key<br/>(HEX format)</i> | <i>Description</i>                          | <i>Respond in Common Mode</i>  | <i>Respond in Compact Mode</i>                |
|-----------------------------|---|--|---|
| <b>0x00</b>                 | Enter into "Waiting" state                  | "Waiting! \n": successful<br>"ERROR! \n": Instruction error              | 0xcc : successful<br>0xe0 : Instruction error |
| <b>0x01</b>                 | Delete the instructions of group 1          | "Group1 Deleted ! \n": successful<br>"ERROR! \n": Instruction error      | 0xcc : successful<br>0xe0 : Instruction error |
| <b>0x02</b>                 | Delete the instructions of group 2          | "Group2 Deleted ! \n": successful<br>"ERROR! \n": Instruction error      | 0xcc : successful<br>0xe0 : Instruction error |
| <b>0x03</b>                 | Delete the instructions of group 3          | "Group3 Deleted ! \n": successful<br>"ERROR! \n": Instruction error      | 0xcc : successful<br>0xe0 : Instruction error |
| <b>0x04</b>                 | Delete the instructions of all the 3 groups | " All Groups Deleted !\n ": successful<br>"ERROR! \n": Instruction error | 0xcc : successful<br>0xe0 : Instruction error |

| Key<br>(HEX format) | Description                                       | Respond in Common Mode   | Respond in Compact Mode   |
|---------------------|---|--|---|
| 0x11                | Begin to record instructions of group 1           | <p>"ERROR! \ n" : Instruction error</p> <p>"START \ n" : Ready for recording, you can speak now</p> <p>"No voice \ n" : no voice detected</p> <p>"Again \ n" : Speak the voice instruction again. Do not speak until getting the START message</p> <p>"Too loud \ n" : Too loud to record</p> <p>"Different \ n" : voice instruction confirming failed. Voice for the second chance is different with the first one.</p> <p>"Finish one \ n" : recording one voice instruction successfully</p> <p>"Group1 finished! \ n" : finish recording group 1</p> | <p>0xe0 : Instruction error</p> <p>0x40 : Ready for recording, you can speak now</p> <p>0x41 : no voice detected</p> <p>0x42 : Speak the voice instruction again. Do not speak until getting the START message</p> <p>0x43 : Too loud to record</p> <p>0x44 : voice instruction confirming failed. Voice for the second chance is different with the first one.</p> <p>0x45 : recording one voice instruction successfully</p> <p>0x46 : finish recording group 1</p> |
| 0x12                | Begin to record instructions of group 2           | <p>"ERROR! \ n" : Instruction error</p> <p>"START \ n" : Ready for recording, you can speak now</p> <p>"No voice \ n" : no voice detected</p> <p>"Again \ n" : Speak the voice instruction again. Do not speak until getting the START message</p> <p>"Too loud \ n" : Too loud to record</p> <p>"Different \ n" : voice instruction confirming failed. Voice for the second chance is different with the first one.</p> <p>"Finish one \ n" : recording one voice instruction successfully</p> <p>"Group2 finished! \ n" : finish recording group 2</p> | <p>0xe0 : Instruction error</p> <p>0x40 : Ready for recording, you can speak now</p> <p>0x41 : no voice detected</p> <p>0x42 : Speak the voice instruction again. Do not speak until getting the START message</p> <p>0x43 : Too loud to record</p> <p>0x44 : voice instruction confirming failed. Voice for the second chance is different with the first one.</p> <p>0x45 : recording one voice instruction successfully</p> <p>0x47 : finish recording group 2</p> |
| 0x13                | Begin to record instructions of group 3           | <p>"ERROR! \ n" : Instruction error</p> <p>"START \ n" : Ready for recording, you can speak now</p> <p>"No voice \ n" : no voice detected</p> <p>"Again \ n" : Speak the voice instruction again. Do not speak until getting the START message</p> <p>"Too loud \ n" : Too loud to record</p> <p>"Different \ n" : voice instruction confirming</p>  | <p>0xe0 : Instruction error</p> <p>0x40 : Ready for recording, you can speak now</p> <p>0x41 : no voice detected</p> <p>0x42 : Speak the voice instruction again. Do not speak until getting the START message</p> <p>0x43 : Too loud to record</p>   |
|                     |   | <p>failed. Voice for the second chance is different with the first one.</p> <p>"Finish one \ n" : recording one voice instruction successfully</p> <p>"Group3 finished! \ n" : finish recording group 3</p>  | <p>0x44 : voice instruction confirming failed. Voice for the second chance is different with the first one.</p> <p>0x45 : recording one voice instruction successfully</p> <p>0x48 : finish recording group 3</p>   |
| 0x21                | Import group 1 and be ready for voice instruction | <p>"Group1 Imported !\n" : Successful</p> <p>"ERROR! \ n" : Instruction error</p> <p>"Import failed !\n" : Importing voice group failed</p>  | <p>0xcc : Successful</p> <p>0xe0 : Instruction error</p> <p>0xe1 : Importing voice group failed</p>   |
| 0x22                | Import group 2 and be ready for voice instruction | <p>"Group2 Imported !\n" : Successful</p> <p>"ERROR! \ n" : Instruction error</p> <p>"Import failed !\n" : Importing voice group failed</p>  | <p>0xcc : Successful</p> <p>0xe0 : Instruction error</p> <p>0xe1 : Importing voice group failed</p>   |
| 0x23                | Import group 3 and be ready for voice instruction | <p>"Group3 Imported !\n" : Successful</p> <p>"ERROR! \ n" : Instruction error</p> <p>"Import failed !\n" : Importing voice group failed</p>  | <p>0xcc : Successful</p> <p>0xe0 : Instruction error</p> <p>0xe1 : Importing voice group failed</p>   |

| Key<br>(HEX format) | Description                      | Respond in Common Mode   | Respond in Compact Mode  |
|---------------------|----------------------------------|--|--|
| 0x24                | Query the recorded group         | "Used group:0\n" : No group is recorded<br>"Used group:1\n" : Group 1 is recorded<br>"Used group:2\n" : Group 2 is recorded<br>"Used group:3\n" : Group 3 is recorded<br>"Used group:12\n" : Group 1 and Group 2 are recorded<br>"Used group:13\n" : Group 1 and Group 3 are recorded<br>"Used group:23\n" : Group 2 and Group 3 are recorded<br>"Used group:123\n" : All the 3 groups are recorded<br>"ERROR! \n" : Instruction error | 0x00 : No group is recorded<br>0x01 : Group 1 is recorded<br>0x02 : Group 2 is recorded<br>0x04 : Group 3 is recorded<br>0x03 : Group 1 and Group 2 are recorded<br>0x05 : Group 1 and Group 3 are recorded<br>0x06 : Group 2 and Group 3 are recorded<br>0x07 : All the 3 groups are recorded<br>0xe0 : Instruction error |
| 0x31                | Change the baud rate to 2400bps  | "Baud: 2400\n" : Successful<br>"ERROR! \n" : Instruction error   | 0xcc : successful<br>0xe0 : Instruction error  |
| 0x32                | Change the baud rate to 4800bps  | "Baud: 4800\n" : Successful<br>"ERROR! \n" : Instruction error   |  |
| 0x33                | Change the baud rate to 9600bps  | "Baud: 9600\n" : Successful<br>"ERROR! \n" : Instruction error   |  |
| 0x34                | Change the baud rate to 19200bps | "Baud: 19200\n" : Successful<br>"ERROR! \n" : Instruction error  |  |
| 0x35                | Change the baud rate to 38400bps | "Baud: 38400\n" : Successful<br>"ERROR! \n" : Instruction error  |  |
| 0x36                | Switch to Common Mode            | "Common Mode\n" : Successful<br>"ERROR! \n" : Instruction error  |  |
| 0x37                | Switch to Compact Mode           | "Compact Mode\n" : Successful<br>"ERROR! \n" : Instruction error   |  |
| 0xbb                | Query version information        | Version information  | No respond   |

Fuente: <http://www.elechouse.com/elechouse/images/product/Voice%20Recognition%20Module/Manual.pdf>

Si desea modificar la velocidad de transmisión serial a 38400, es necesario enviar el comando: 0xAA35. Si tiene éxito, volverá "Baud: 38400\n"(en modo común) o 0xCC (en el modo compacto). La velocidad de transmisión está establecida en 38400

La principal diferencia entre el modo compacto y de modo común es el mensaje que regresa. La respuesta de modo común es una cadena larga, pero la respuesta Modo compacto es un byte. Por ejemplo, después de enviar 0xAA04 para borrar todo el contenido de los 3 grupos, en modo común se volverá "All Groups Deleted!\ N", pero en modo compacto devolverá un byte 0xCC10 que significa una operación exitosa.

Para el uso por primera vez, tenemos que hacer algunas configuraciones:

1. Seleccione el tipo de serie en baudios (por defecto 9600)
2. Seleccione el modo de comunicación: en modo común o modo compacto
3. Grabación de cinco instrucciones del primer grupo (o segundo o tercero si es necesario)
4. Importar el grupo que tiene que utilizar (sólo reconocen cinco instrucciones dentro de un grupo al mismo tiempo)

Después de todo el ajuste anterior, se puede hablar o enviar instrucciones de voz. Si se identifican con éxito, el resultado será devuelto a través del puerto serie con el formato: número de grupo + número del comando. Por ejemplo, el retorno de Resultados: 11 (modo compacto vuelve 0x11) es identificado el primer comando del grupo 1.

Si la instrucción se grabará la voz, cada vez después de encenderlo, hay que importar el grupo antes de dejar que se identifican las instrucciones de voz.

## **C) INDICADORES DE LED**

### **➤ Etapa de Grabación:**

1. Indicación de registro: D1 (Rojo) parpadea 3 veces dentro de los 600 ms, y luego fuera por 400 ms, y luego parpadea rápidamente durante 4 veces en 600 ms. Ahora, la indicación de grabación es superior
2. Empezar a hablar: D1 (Rojo) desde 400 ms, a continuación, se encuentra en. Voz durante el tiempo mientras D1 (Rojo) se grabara por este módulo.
3. Grabación de una instrucción de voz con éxito por primera vez: D1 (Rojo) apagado, D2 (Naranja) durante 300 ms.
4. Grabación de una instrucción de voz con éxito por primera vez: D1 (Rojo) apagado, D2 (Naranja) durante 700 ms.

5. Fallos de grabación: D2 (Naranja) parpadea 4 veces dentro de los 600 ms. En los casos en que las instrucciones de voz detectados veces no coinciden, o el sonido es demasiado grande, o no hay sonido, la grabación no. Es necesario volver a empezar el proceso de grabación de esa instrucción.

➤ **Modo de espera:**

En modo de espera, D2 (Naranja) está apagado, y D1 (Rojo) es el de 80 ms cada 200 ms otros, rápido parpadeo. En este modo, que no reconoce comandos de voz, sólo la espera de comandos serie.

➤ **Etapas de Reconocimiento:**

En la etapa de identificación, D2 (Naranja) está apagado, y D1 (Rojo) enciende 100 ms y se apaga otros 1500 ms, en parpadeo lento. En esta etapa este módulo está procesando la señal recibida de voz, y si coincide se enviará el resultado de inmediato a través del puerto serie

## **D) GRABACIÓN**

Antes de usarlo, tenemos que registrar las instrucciones de voz. Cada instrucción de voz tiene la longitud máxima de 1300 ms, lo que asegura que la mayoría de las palabras se pueden grabar correctamente. Una vez que comience la grabación, no se puede detener el proceso de grabación hasta que termine un grupo de 5 instrucciones. Además, una vez que comience la grabación, el contenido anterior de ese grupo será borrado.

LED parpadea para indicar el estado.

En primer lugar, se necesita una herramienta de serie y se utiliza Access PORT.

Configuración del puerto serie:

- Velocidad de transmisión: 9600

- Bit de paridad: Ninguno
- Datos de bits: 8
- Stop bit: 1
- Enviar formato: Hex
- Recibe formato: Char



Fig. N° 2.21. Instalación para grabación del Módulo de AU\_VOI\_REC\_00A

Fuente: [http://www.elechouse.com/elechouse/index.php?main\\_page=product\\_info&cPath=168\\_170&products\\_id=2151](http://www.elechouse.com/elechouse/index.php?main_page=product_info&cPath=168_170&products_id=2151)

## E) RECONOCIMIENTO

Enviar comando 0xAA21 para importar el grupo 1.

Enviar comando 0xAA22 para importar el grupo 2.

Enviar comando 0xAA23 para importar el grupo 3.

Este comando puede reconocer cinco instrucciones de voz de un grupo al mismo tiempo. Podría haber 15 instrucciones de voz en tres grupos. Cada vez que hay que importar el grupo antes de que pudiera reconocer a las instrucciones de ese grupo. En la etapa de reconocimiento, este módulo

puede recibir otros comandos serie. No va a salir de la etapa de reconocimiento hasta que se envíe 0xAA00 o eliminar ese grupo, o comenzarlas instrucciones de grabación.

Trate de registro y el uso que en el mismo entorno. Y el ruido podría reducirla tasa de reconocimiento. MIC juega un papel muy importante. En cuanto a la conexión del cable MIC de este módulo, el más corto, mejor.

Como en un ambiente tranquilo. Toda aquella limitación hace que la practicidad de baja. Pero hay formas sencillas de resolver. Haga sus instrucciones de voz distintiva. No utilice las instrucciones de voz de pronunciación similar.

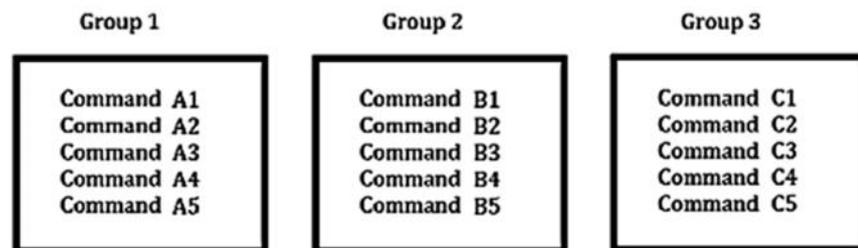


Fig. N° 2.23. Bloques de instrucciones de voz del Módulo AU\_VOI\_REC\_00A

Fuente: <http://www.elechouse.com/elechouse/images/product/Voice%20Recognition%20Module/Manual.pdf>

## F) CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA

El módulo puede ser utilizado en dos sistemas operativos, Windows XP Professional y Windows 7 Professional, ambos muestran ningún problema de compatibilidad.

El kit comercializado por ELECHOUSE, incluye un módulo de reconocimiento de voz, el cableado para conectar el micrófono y Arduino para realizar la grabación de los comandos. Sin embargo, para grabar los

comandos del módulo de microcontrolador, es necesario un conversor USB TTL que interpretará los comandos enviados al microcontrolador. Este convertidor TTL se puede encontrar en la misma tienda como el módulo de reconocimiento de voz. Podemos usar cualquier convertidor TTL que tenga interfaz de comunicación USB o serial.

Sin embargo, si se utiliza el inversor comercializado por ELECHOUSE, es necesario instalar los controladores que se reconoce el dispositivo en nuestro sistema, los Drivers Conversor USB-TTL.

Después de la descarga, asegúrese de que la unidad esté desconectada de la computadora, por lo que abra la carpeta "PL2303\_Prolificá\_DriverInstaller\_v1\_7\_0" si el archivo está comprimido con Zip o descomprimir de forma que no se produzcan en la instalación y ejecute el archivo "PL2303\_Prolific\_DriverInstaller\_v1.7.0.exe". Cuando termine la instalación inserte la unidad en uno de los puertos USB y esperar a que termine de configuración del dispositivo. También debe comprobar que el puerto "COM" unidad del sistema está instalado, y esta verificación debe ser realizada por el "Administrador de dispositivos" de Windows, y esto puede ser accedido por el comando "devmgmt.msc" presentado en "Ejecutar" que se encuentra en el menú "Inicio". Con el administrador abierta, expanda la opción COM / LPT y comprobar el dispositivo de la figura N° 2.23.

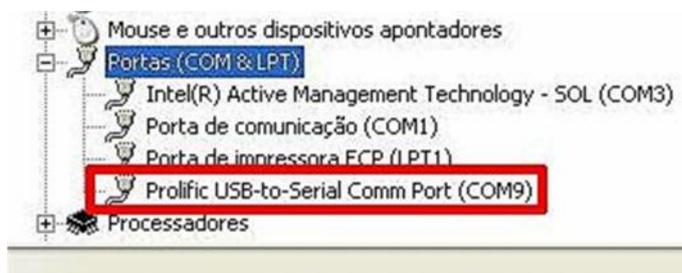


Fig. N° 2.23. Administrador de dispositivos - Puertos COM

Fuente: <http://labdegaragem.com/profiles/blogs/reconhecimento-de-voz-spce061a-com-o-ardu-no>

Para comprobar que la instalación se haya completado, utilizar el archivo "PL2303CheckChipVersion.exe" ubicado en la carpeta de instalación misma, y debe mostrar la versión instalada, así como en la figura N° 2.24.

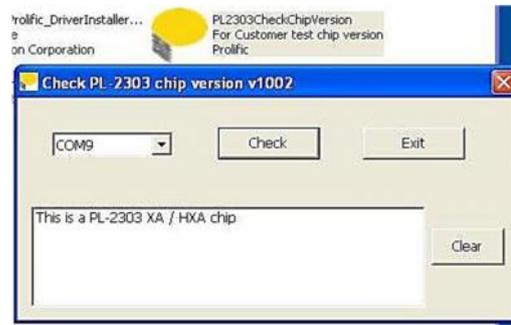


Fig. N° 2.24: Verificación de la instalación del convertidor TTL

Fuente: <http://labdegaragem.com/profiles/blogs/reconhecimento-de-voz-spce061a-com-o-ardu-no>

Con el convertidor ya está configurado con el sistema operativo, conectar el módulo de voz a TTL siguiendo el diagrama de cableado de la Figura N° 2.25.

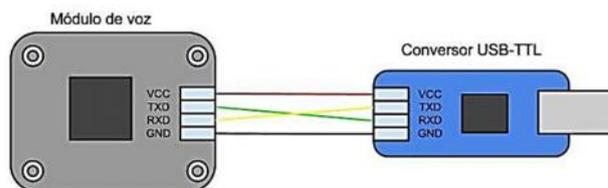


Fig. N° 2.25: Esquema de conexión del módulo inversor

Fuente: <http://labdegaragem.com/profiles/blogs/reconhecimento-de-voz-spce061a-com-o-ardu-no>

## G) COMUNICACIÓN SERIE CON EL MÓDULO

Aquí podemos utilizar cualquier software para enviar comandos a través del puerto serie de comunicación, así como HyperTerminal.

Los comandos de configuración del módulo se envía desde el AccessPORT software, y estos comandos están predefinidos por el fabricante del microcontrolador. Los comandos se pueden encontrar en el manual preparado por ELECHOUSE.

Después de realizar la descarga AccessPORT ejecutarlo archivo "AccessPort.exe", este también se comprimen, por lo que establecer la comunicación con el módulo "Herramientas> Configuración", o pulsando la tecla "F2" por debajo de los valores requeridos son:

- COM "x" \*
- Velocidad de transmisión: 9600
- Bit de paridad: Ninguno
- Data bits: 8
- Bit de parada: 1
- Enviar formato: Hex
- Recibe formato: Char

\* La "x" es el puerto conectado al convertidor comprueba en administrador de dispositivos

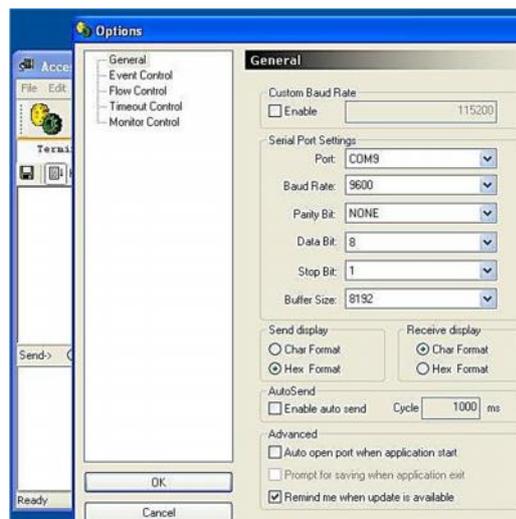


Fig. N° 2.26: Configuración del puerto COM

Fuente: <http://labdegaragem.com/profiles/blogs/reconhecimento-de-voz-spce061a-com-o-ardu-no>

Con la correcta configuración correcta "CTRL + P" y asegúrese de enviar Hexadecimal comandos presionando "Hex" en el envío de comandos "Enviar->".

Inicialmente enviar el comando "AA 11" representa el microcontrolador para registrar la acción del primer grupo de comandos, y puede grabar hasta 3 grupos de comandos con 5 tipos diferentes en cada uno.

Algunos comentarios se enviará a la AccessPORT guía al programador que interpreta la instrucción, véase la figura 2.27

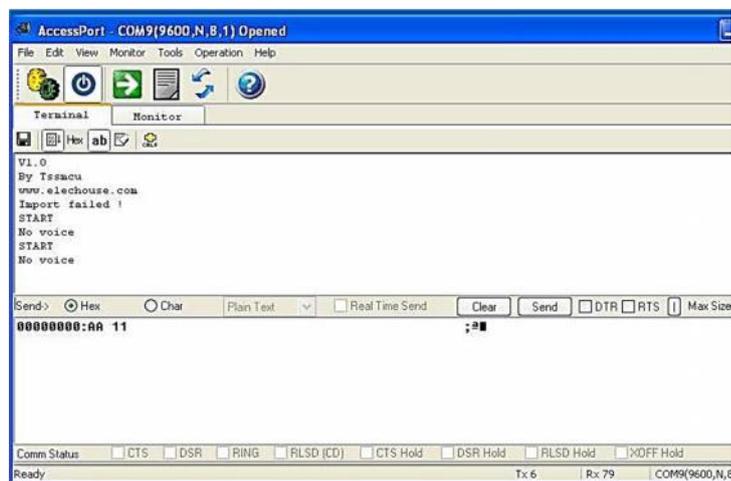


Fig. N° 2.27: La comunicación con el módulo de voz

Fuente: <http://labdegaragem.com/profiles/blogs/reconhecimento-de-voz-spce061a-com-o-ardu-no>

La grabación completa de un comando se representa como "Terminar uno", y al final del grupo de grabación 5 manda el mensaje "Group 1 Finished".

Después de terminar de grabar el primer conjunto de instrucciones que enviar el comando "AA 21", que representa la acción del microcontrolador importar los comandos grabados en el grupo 1 y comenzar a reconocer estos comandos.

## H) INTEGRACIÓN CON ARDUINO

Con la programación de módulo completo puede iniciar el ensamblaje de circuito a lo largo de la Arduino acuerdo con la figura N° 2.28.

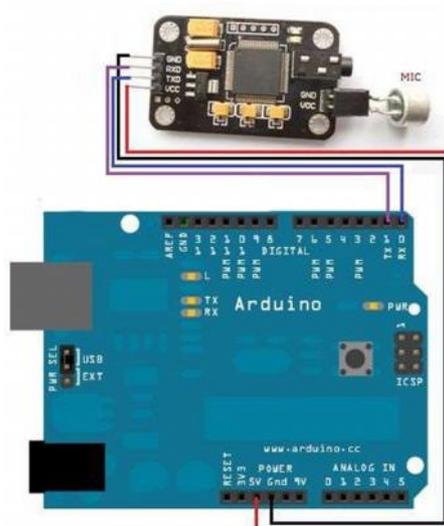


Fig. N° 2.28: Esquema de conexión del módulo de voz con Arduino

Fuente: [http://www.elechouse.com/elechouse/index.php?main\\_page=product\\_info&cPath=168\\_170&products\\_id=2151](http://www.elechouse.com/elechouse/index.php?main_page=product_info&cPath=168_170&products_id=2151)

### 2.6.2. MICROCONTROLADOR SPCE061A

El SPCE061A es un microcontrolador de 16-bit,  $\mu'nSP^{TM}$  (que se pronuncia como el micro-n-SP), desarrollado por tecnología SUNPLUS. La alta velocidad de procesamiento asegura que  $\mu'nSP^{TM}$ , sea capaz de manejar procesos complejos de señales digitales con facilidad y rapidez. Por lo tanto, la SPCE061A es aplicable a las áreas de proceso de sonido digital y reconocimiento de voz. El voltaje de operación es de 2.4V a 3.6V y la velocidad es de 0.32 MHz a 49.152 MHz, para ser utilizada en las variedades de aplicaciones. La capacidad de memoria incluye 32 K de memoria flash además de 2 K de SRAM de trabajo. Otras características incluyen 32 multifunción de E/S programable, dos de 16 bits temporizadores / contadores, reloj en tiempo real 32768 Hz, detección de bajo voltaje de Reset /, ocho canales de ADC de 10

bits (un canal integrado MIC amplificador con control automático de ganancia), 10-bit DAC de salida y muchos otros [WEB 9].



Fig. N° 2.29. Microcontrolador SPCE061A

Fuente: [http://www.dz51.com/Shop/dpj/200602/Shop\\_20060204143431.html](http://www.dz51.com/Shop/dpj/200602/Shop_20060204143431.html)

### 2.6.2.1. DIAGRAMA EN BLOQUES DEL MICROCONTROLADOR SPCE061A

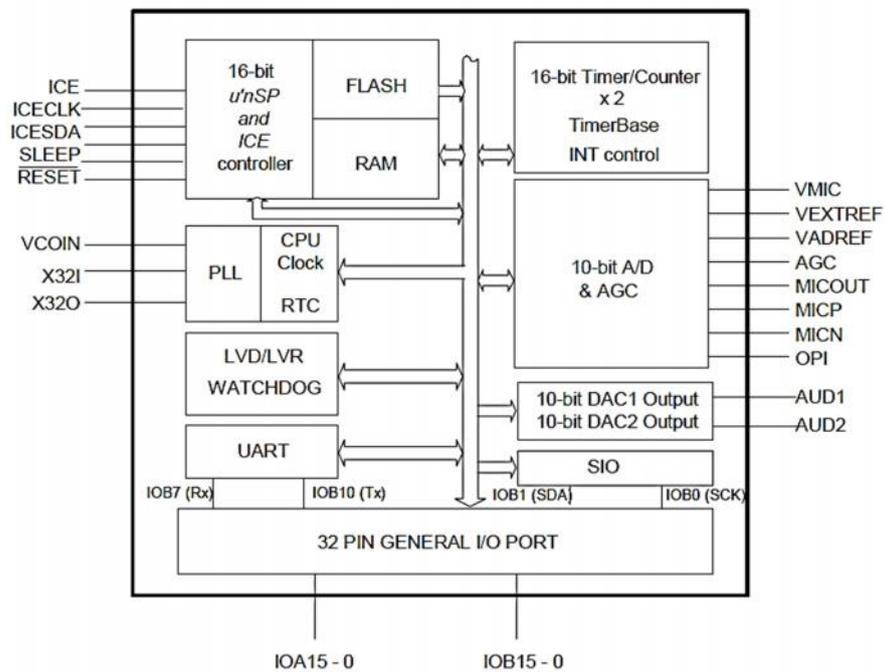


Fig. N° 2.30. Diagrama en bloques del Microcontrolador SPCE061A

Fuente: <http://pdf.dzsc.com/88889/28284.pdf>

## 2.6.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL MICROCONTROLADOR SPCE061A

- microprocesador  $\mu'nSP^{\text{TM}}$  de 16-bit
- Reloj de la CPU: 0.32 MHz - 49.152 MHz
- voltaje de funcionamiento: 2,4 V - 3,6 V
- voltaje de funcionamiento del Programa Flash: 2,7 - 3,6
- voltaje de funcionamiento IO PORTA & B: 2,4 V - 5,5 V
- 32 K de memoria flash
- 2 K SRAM de trabajo
- Basada en el software de procesamiento de audio
- resonador de cristal
- El modo de espera (modo de cronómetro) para ahorro de energía, Max.  $2.0 \mu\text{A}$  @  $V_{\text{DD}} = 3.3\text{V}$
- Dos de 16 bits temporizadores / contadores
- Dos salidas DAC de 10-bit
- 32 E / S generales (bit programables)
- 14 fuentes INT con dos niveles de prioridad
- Función de activación de claves (IOA 0 - 7)
- PLL función de reloj del sistema
- 32768 Hz Reloj tiempo real (RTC)
- Ocho canales de 10-bit AD convertidor
- ADC externo de referencia superior de voltaje
- 2.0V de salida de voltaje regulado, 5 mA de capacidad de conducción
- Interfaz Serial I/O (SIO)
- Amplificador de micrófono y la función AGC
- UART receptor y el transmisor (dúplex completo)
- Restablecimiento de baja tensión y detección de bajo voltaje
- Permiten Watchdog (opción de unión)
- La función del ICE para el desarrollo y la reducción de la carga en la memoria flash.

- Función de seguridad para proteger el código para ser leído y escrito.

### 2.6.2.3. CAMPO DE APLICACIÓN

- Productos de reconocimiento de voz
- Juguetes Inteligentes interactivo que hablan
- Juguetes educativos avanzados
- Productos de aprendizaje de los niños
- Libros de cuentos para niños
- Sintetizador de voz en general
- Larga duración de los productos de audio
- Grabación / reproducción de los productos

## 2.7. MICROCONTROLADOR PIC 16F877A

El microcontrolador PIC 16F877A, es un producto conocido de la compañía Microchip. Dispone de todos los componentes disponibles en la mayoría de los microcontroladores modernos. Por su bajo precio, un rango amplio de aplicaciones, alta calidad y disponibilidad, es una solución perfecta aplicarlo para controlar diferentes procesos en la industria, en dispositivos de control de máquinas, para medir variables de procesos etc.



Fig. N° 2.31. Microcontrolador PIC 16F877A

Fuente: <http://www.circuitspecialists.com/pic16f877a-ip.html>

## 2.7.1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL MICROCONTROLADOR PIC 16F877A [WEB 11].

- Arquitectura RISC
  - El microcontrolador cuenta con solo 35 instrucciones diferentes
  - Todas las instrucciones son uni-ciclo excepto por las de ramificación
- Frecuencia de operación 0-20 MHz
- Oscilador interno de alta precisión
  - Calibrado de fábrica
  - Rango de frecuencia de 8 MHz a 31 KHz seleccionado por software
- Voltaje de la fuente de alimentación de 2.0V a 5.5V
  - Consumo: 220  $\mu$ A (2.0 V, 4 MHz), 11  $\mu$ A (2.0 V, 32 KHz) 50 nA (en modo de espera)
- Ahorro de energía en el Modo de suspensión
- Brown-out Reset (BOR) con opción para controlar por software
- 35 pines de entrada/salida
  - Alta corriente de fuente y de drenador para manejo de LED
  - Resistencias pull-up programables individualmente por software
  - Interrupción al cambiar el estado del pin
- Memoria ROM de 8 K con tecnología FLASH
  - El chip se puede re-programar hasta 100.000 veces
- Opción de programación serial en el circuito
  - El chip se puede programar incluso incorporado en el dispositivo destino.
- 256 bytes de memoria EEPROM
  - Los datos se pueden grabar más de 1.000.000 veces
- 368 bytes de memoria RAM
- Convertidor A/D:
  - 14 canales

- Resolución de 10 bits
- Temporizadores/contadores independientes
- Temporizador perro guardián
- Módulo comparador analógico con
  - Dos comparadores analógicos
  - Referencia de voltaje fija (0.6V)
  - Referencia de voltaje programable en el chip
- Módulo PWM incorporado
- Módulo USART mejorado
  - Soporta las comunicaciones seriales RS-485, RS -232 y LIN 2.0
  - Auto detección de baudios
- Puerto Serie Síncrono Maestro (MSSP)
  - Soporta los modos SPI e I2C

## 2.7.2. DESCRIPCIÓN DE PINES

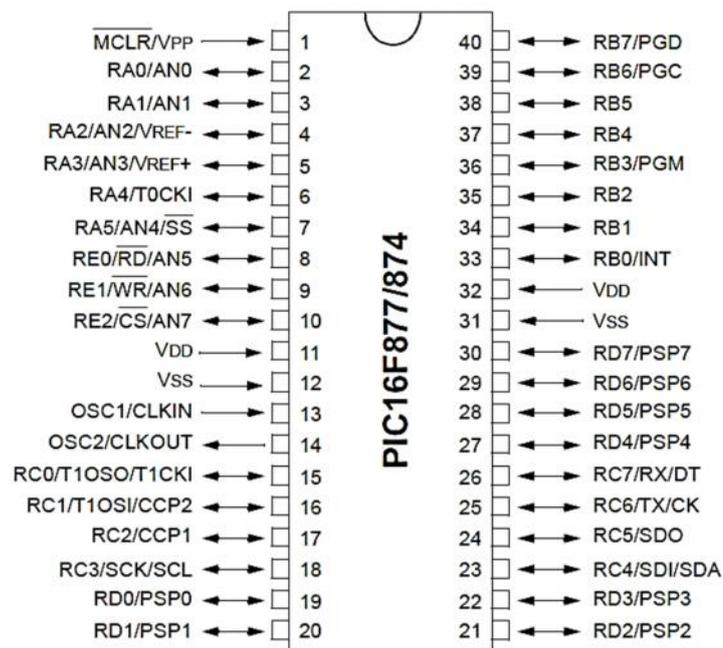


Fig. N° 2.32. Pines del Microcontrolador PIC 16F877A

Fuente: <http://pic-world-resource.blogspot.com/>

## **2.8. CONTROL DE UNA SILLAS DE RUEDAS ELÉCTRICAS**

Las sillas de Ruedas eléctricas representan la única alternativa de movilidad para muchas personas con discapacidad. Aunque no llega a un 10% de los usuarios totales de sillas en estos casos son absolutamente imprescindibles para la autonomía personal.

Mientras otros vehículos han presentado notables avances tecnológicos en los últimos años las sillas de ruedas eléctricas han evolucionado muy poco durante un largo periodo de tiempo. Si bien han sido objeto de un gran número de publicaciones científicas la mayoría se centran en aplicar directamente resultados de robótica móvil con escasa atención a las necesidades reales del usuario.

En la actualidad desde el punto de vista del control las sillas presentan posibilidades claras de mejora en los siguientes aspectos:

1. Estructura
2. Control por velocidad
3. Control de Trayectoria
4. Control de Suspensión.
5. Subida de Escaleras.
6. Navegación Asistida.

Desde el punto de vista de la interfaz hay que señalar cuatro aspectos clave:

1. Nuevas Interfaces Físicas
2. Problemática del control compartido.
3. Entornos virtuales de aprendizaje.
4. Interfaz cognitiva.

Está claro que los últimos años están marcando una clara evolución en las sillas.

### 2.8.1. ESTRUCTURA

La estructura habitual del controlador de una silla de ruedas se muestra en la figura 2.33. Como puede verse en la actualidad las sillas se basan en una estructura de control distribuida en la que los diferentes elementos se interconectan mediante un bus común. Esto permite, en principio, interconectar elementos provenientes de diversos proveedores y así adaptar mejor la silla a las necesidades del usuario final.

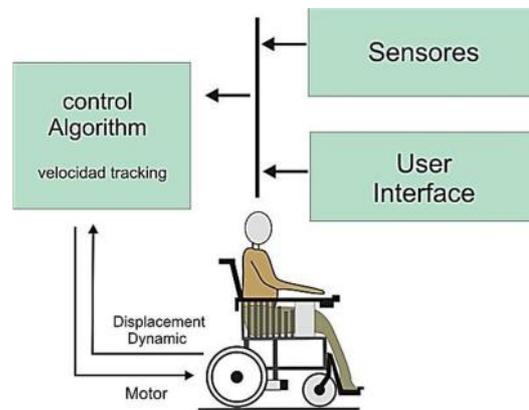


Fig. N° 2.33. Controlador de una silla de ruedas

Fuente: [http://es.scribd.com/doc/51701048/Control-e-Interfaces -en-Sillas-de-Ruedas-Elctricas-2011a](http://es.scribd.com/doc/51701048/Control-e-Interfaces-en-Sillas-de-Ruedas-Elctricas-2011a)

En la realidad los buses, aunque basados casi todos en CAN, mantiene especificaciones suficientemente diferentes para imposibilitar la interconexión de dispositivos no diseñados específicamente para ellos. Los intentos de estandarización formal (M3S) han fracasado y la estandarización de hecho (DX) no ha conseguido suficiente dominio del mercado. No hay duda de que esto lleva a una fragmentación del mercado y sólo favorece, si acaso, a los principales fabricantes.

## 2.8.2. CONTROL POR VELOCIDAD.

En muchos casos podría ser deseable disponer de un control de velocidad que permitiera al usuario establecer como consigna la velocidad de la silla en lugar de la potencia. Esto resulta especialmente útil a la hora de subir o bajar rampas. En las sillas convencionales la unidad de control solo dispone de una estimación imprecisa de la velocidad de la silla. En los modelos actuales de gama alta esto es perfectamente realizable.

Es evidente que el modo de control de velocidades totalmente inútil en el caso de maniobras pues, por ejemplo, si la silla choca con un obstáculo lo que haría este modo sería aumentar la potencia de los motores para intentar mantener la velocidad [WEB 10].

Existen varias soluciones:

- Múltiples modos con selección por el usuario.
- Múltiples modos con selección automática.
- Modo mixto con control por velocidad para marcha rápida y control por potencia para maniobras.

Algunas sillas comerciales parecen optar por esta tercera solución aunque esto no está excesivamente documentado.

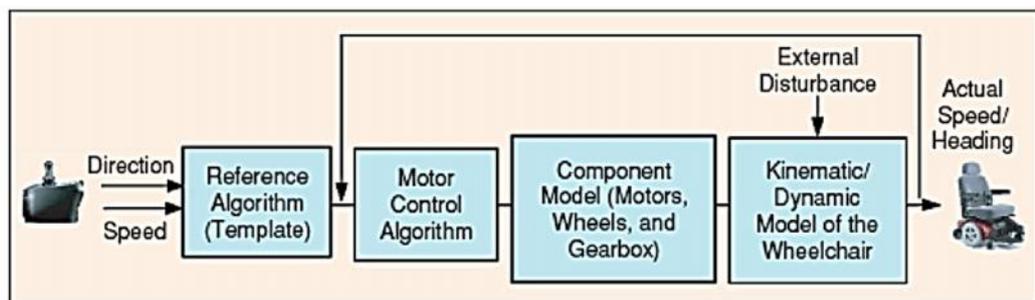


Fig. N° 2.34. Controlador de una silla de ruedas con control de velocidad

Fuente: <http://www.aitadis.org/Proceedings%20Jornadas.doc>.

La figura 2.34 muestra la estructura de un controlador de silla con control de velocidad.

### **2.8.3. CONTROL DE TRAYECTORIA.**

En los automóviles el control de tracción intenta mantener la máxima adherencia entre las ruedas y el suelo en terreno resbaladizo. El control de estabilidad pretende asegurar que el vehículo describe realmente la trayectoria que el conductor deseaba realizar. En las sillas de ruedas, fundamentalmente en la calle, la pérdida de adherencia de alguna rueda motriz o de dirección puede fácilmente hacerles perder la trayectoria e incluso provocar accidentes. Existen en la actualidad sillas con tracción a las cuatro ruedas (Magic Mobility extreme 4x4), otras optan por sistemas de control de tracción electrónicos basados en las ideas empleadas en automóviles (quickie Groove).

#### **2.8.3.1.MOVIMIENTOS**

La silla de ruedas posee seis movimientos, los cuatro clásicos de avance, retroceso, giro hacia la izquierda y hacia la derecha, más dos movimientos de giro corto hacia la derecha e izquierda. Estas últimas permiten maniobrar en lugares de poco espacio.

Todos los movimientos se encuentran resumidos en la figura 2.35.

La silla de ruedas avanza hacia delante, cuando los dos motores giran en sentido horario, estando el observador situado a la derecha de la silla. Al avanzar hacia atrás, los dos motores giran en sentido anti horario

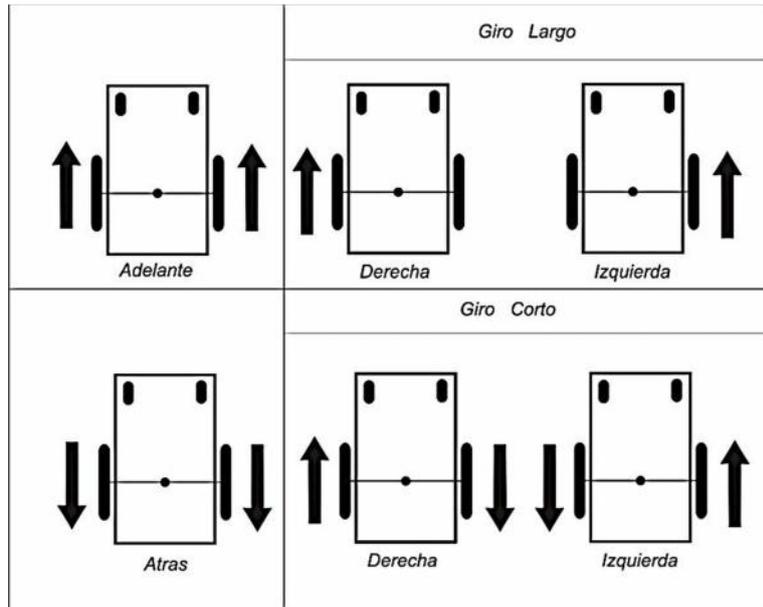


Fig. N° 2.35. Tipos de movimientos de la silla de ruedas.

Fuente: [http://www.frbb.utn.edu.ar/robotica/archivos/silla\\_de\\_ruedas.pdf](http://www.frbb.utn.edu.ar/robotica/archivos/silla_de_ruedas.pdf).

El control permite girar de dos formas distintas. En la forma denominada giro largo, un solo motor está activo. Por ello, para girar hacia la derecha se activa el motor izquierdo en sentido horario y para doblar a la izquierda se acciona el motor derecho en sentido horario. El radio de giro para esta forma es igual al ancho de la silla de ruedas.

En la forma de giro corto, los dos motores funcionan simultáneamente. Cuando gira hacia la derecha, el motor izquierdo se activa en sentido horario y el motor derecho en sentido anti horario. Mientras que en el giro hacia la izquierda, el motor derecho gira en sentido horario y el motor izquierdo en sentido anti horario. El radio de giro es igual a la mitad del ancho de la silla de ruedas. Esto permite que la silla maniobre en lugares de poco espacio ya que la misma gira sobre su propio eje.

### 2.8.3.2.RAMPAS, CUESTAS Y BAJADAS

- No maneje su Silla de Ruedas Eléctrica en subidas o bajadas con un grado mayor de inclinación que el señalado en su Tabla de especificaciones.
- Siempre utilice velocidad baja para subir o bajar pendientes.
- No circule su Silla de Ruedas Eléctrica en caminos con grandes desniveles o grietas.
- Por favor vaya despacio cuando esté en un camino con inclinación.
- No realice giros repentinos en caminos con grava suelta o rampas.
- Siempre inclínese hacia adelante al subir una pendiente.

### 2.8.3.3.DESCENDER O ASCENDER

Al subir alguna pendiente, mantenga su Silla de Ruedas Eléctrica siempre en movimiento, si debe detenerse, al reiniciar la marcha avance lentamente y vaya acelerando de manera gradual. Cuando circule cuesta abajo, vaya lentamente y siempre en línea recta por el centro, si su Silla de Ruedas Eléctrica comenzará a avanzar más rápido de lo que Usted desea, libere la palanca del joystick y detenga la marcha por completo, después empuje ligeramente la palanca hacia adelante hasta que avance a la velocidad deseada y continúe descendiendo.

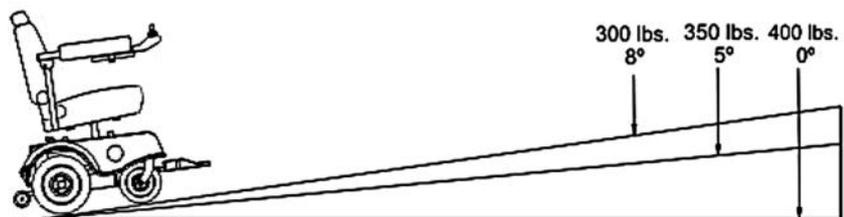


Fig. N° 2.36. Grados de Inclinación máximos recomendados de la silla de ruedas.

Fuente: <http://www.reactiv.com.mx/manuales/electricas/izzygop1.pdf>.

### 2.8.3.4. INCLINACIÓN MÁXIMA RECOMENDADA

Hemos realizado extensas pruebas de inclinación con la Silla de Ruedas Eléctrica. Los resultados demuestran que el grado máximo de inclinación que puede ascender su Silla de Ruedas Eléctrica de manera segura es de 5 grados con la capacidad máxima de peso. Además la mayoría de las rampas para discapacitados tienen normalmente una inclinación de 5 grados. Intentar ascender una rampa con mayor inclinación puede provocar inestabilidad en su Silla de Ruedas Eléctrica.

### 2.8.4. COMPONENTES DE LA SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA

#### PARTS DESCRIPTION

- 1 . Joystick (Control)
- 2 . Descansabrazos
- 3 . Respaldo
- 4 . Asiento
- 5 . Ruedas Traseras
- 6 . Ruedas Delanteras
- 7 . Descansapiés
- 8 . Caja de batería



Fig. N° 2.37: Silla de Ruedas Eléctrica Power izzyGoP1

Fuente: <http://www.reactiv.com.mx/manuales/electricas/izzygop1.pdf>.

## 2.9. PROGRAMA PROTEUS 7 PROFESIONAL

Proteus es una compilación de programas de diseño y simulación electrónica, desarrollado por Labcenter Electronics que consta de los dos programas principales: Ares e Isis, y los módulos VSM y Electra.

### 2.9.1. EL PROGRAMA ISIS

ISIS, Intelligent Schematic Input System (Sistema de Enrutado de Esquemas Inteligente) permite diseñar el plano eléctrico del circuito que se desea realizar con componentes muy variados, desde simples resistencias, hasta alguno que otro microprocesador o microcontrolador, incluyendo fuentes de alimentación, generadores de señales y muchos otros componentes con prestaciones diferentes. Los diseños realizados en Isis pueden ser simulados en tiempo real, mediante el módulo VSM, asociado directamente con ISIS.

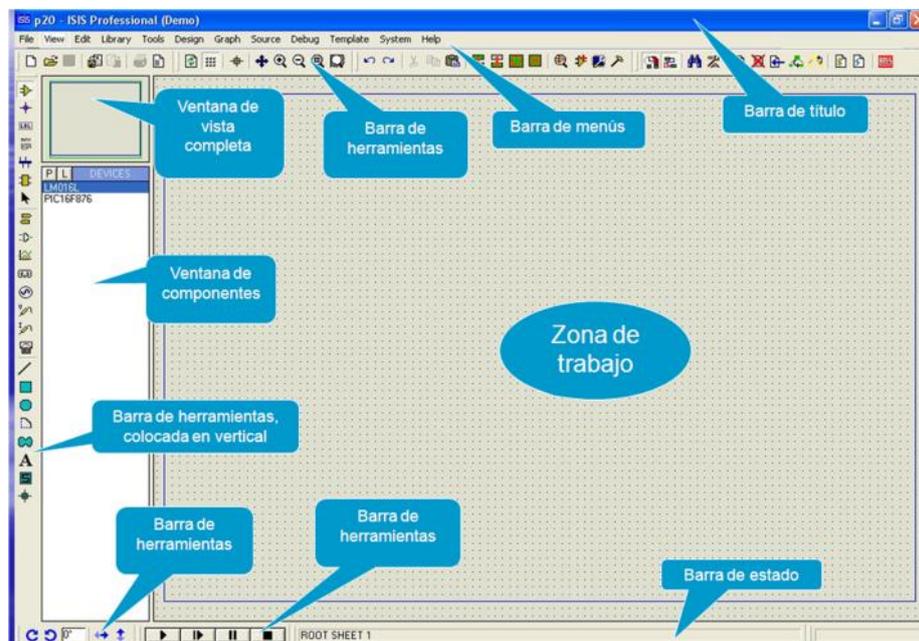


Fig. N° 2.38. Pantalla principal de ISIS

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/6063270/Manual-De-I-Tutorial-Proteus>

## **2.9.2. EL PROGRAMA ARES**

ARES, o Advanced Routing and Editing Software (Software de Edición y Ruteo Avanzado); es la herramienta de enrutado, ubicación y edición de componentes, se utiliza para la fabricación de placas de circuito impreso, permitiendo editar generalmente, las capas superficial (Top Copper), y de soldadura (Bottom Copper).

## **2.10. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN PICBASIC PRO**

PicBasic Pro de Micro Engineering Labs Inc. es un poderoso compilador que pone al alcance del usuario, potentes instrucciones para comunicación serie, matemática de 16 bits, mediciones de sensores analógicos, PWM, sonido, y muchísimas más.

El lenguaje Basic es mucho más fácil de leer y escribir que el lenguaje ensamblador Microchip. El PBP produce código que puede ser programado para una variedad de micro controladores PIC que tengan de 8 a 68 pines y varias opciones en el chip incluyendo convertidores A/D, temporizadores y puertos seriales.

El programa que se utilizara para escribir el código es el MicroCode Studio. El MCSP (MicroCode Studio plus) es el Editor, en donde tu escribes el código para que el microcontrolador realice un trabajo determinado, el PBP (PicBasic Pro) es el compilador, éste programa lee el código escrito en PBP y busca errores de sintaxis o configuraciones erróneas.

### **2.10.1. PROGRAMA MICROCODE STUDIO**

MicroCode Studio es un programa editor de texto como Bloc de notas de Windows, pero con la diferencia de que este está hecho exclusivamente para facilitar la programación de los microcontroladores PIC, los procedimientos para programar son muy sencillos, primero seleccionamos el modelos del PIC 16F877A entre otros, escriba el programa y guárdelo bajo un nombre,

de preferencia relacionado con la aplicación y presione el botón “Compile” que se encuentre dentro de la pestaña “Project”, la tecla “F9” realiza la misma función. Si el programa está bien hecho y sin fallas compilara y mostrara en la parte inferior izquierda el espacio requerido en el PIC, en seguida se creara automáticamente tres archivos con el mismo nombre pero diferentes extensiones (\*.mac, \*.asm, \*.hex), este último es el más importante para nosotros, porque es este el que se debe grabar en el PIC.

A continuación las partes más importantes de la pantalla de **MicroCode Studio**.

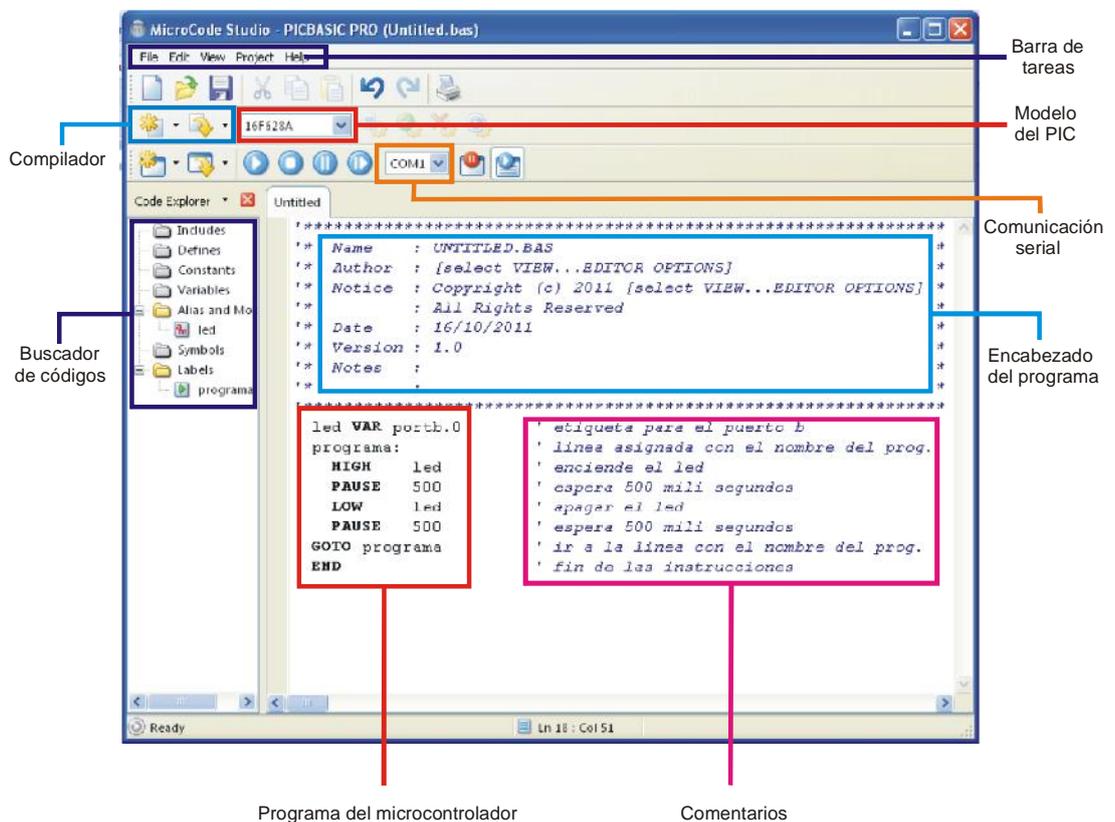


Fig. N° 2.39. Pantalla principal de MicroCode Studio.

Fuente: [http://www.rentron.com/micro-bot/microcode\\_studio.htm](http://www.rentron.com/micro-bot/microcode_studio.htm)

## **2.11. METODOLOGÍA**

### **2.11.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación que se va a emplear es la denominada Investigación Descriptiva, puesto que se desea informar y describir un sistema de reconocimiento de voz utilizando el Módulo de Reconocimiento de Voz para el control de desplazamiento de una silla de ruedas.

### **2.11.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

El Método de Investigación es Cuantitativa de carácter Descriptiva.

### **2.11.3. ETAPAS DE LA METODOLOGÍA**

Para el desarrollo del presente proyecto y alcanzar el objetivo planteado se realizará con las siguientes etapas:

#### **a) Recopilación de datos:**

La recolección de datos es el momento importante en el desarrollo de esta investigación. Considerando que los datos constituyen una unidad de información sobre una determinada característica de un dispositivo que queremos estudiar.

La recolección de datos se realiza en función de la búsqueda, adquisición y recopilación de los datos necesarios para alcanzar los objetivos planteados en el proyecto.

Los datos a recopilar son: estadística de los discapacitados, reconocimiento de voz, la hoja técnica del Módulo de reconocimiento de Voz AU\_VOI\_REC\_00A, y otros.

## **b) Análisis**

En esta etapa se analizará la realidad de los discapacitados motrices y los inconvenientes que encuentran al usar las sillas de ruedas convencionales.

Se realizará un análisis detallado de la silla de ruedas considerando el peso y de todos los componentes que integran el sistema: silla de ruedas, sistema de control y potencia, usuario, batería.

Analizar las tecnologías del reconocimiento del de voz y las hojas técnicas del procesador.

También se realizará el análisis de los requerimientos para el diseño del proyecto, teniendo en cuenta los recursos materiales necesarios y el costo de los dispositivos

## **c) Diseño**

En esta etapa se va a realizar el diseño de hardware y software del sistema de control de una silla de ruedas.

En el diseño de hardware se tomara en cuenta el dimensionamiento de los elementos que integran, la parte de control, como son las fuentes de alimentación, la parte de potencia y otros.

En el diseño de software se describe el programa de control del microcontrolador en lenguaje estructurado, el microcontrolador se programará de tal manera que realice la codificación de las palabras dadas por el Modulo de reconocimiento de voz.

#### **d) Pruebas simuladas**

En la etapa de diseño no sólo requiere del diseño y análisis a mano, sino que se introducen herramientas informáticas de verificación. El sistema a diseñar debe tener unas características especiales puesto que se tiene que ir construyendo en distintas fases, que se corresponderán con las sesiones de diseño.

La herramienta fundamental para la verificación del comportamiento del circuito, es el simulador. No se puede considerar que el circuito esté correctamente diseñado hasta que la simulación dé como resultado el comportamiento deseado.

Para simular los circuitos se utilizará el programa Proteus 7 Profesional, pues tiene un entorno gráfico sencillo de manejar y permite realizar todas las simulaciones necesarias.

Dentro de la base de datos de los componentes de Proteus no existe el Módulo de reconocimiento de Voz, entonces se optara en simular las salidas de este procesador con pulsos que ingresan al Microcontrolador para el control respectivo.

#### 2.11.4. FLUJO DEL PROCESO DE DISEÑO

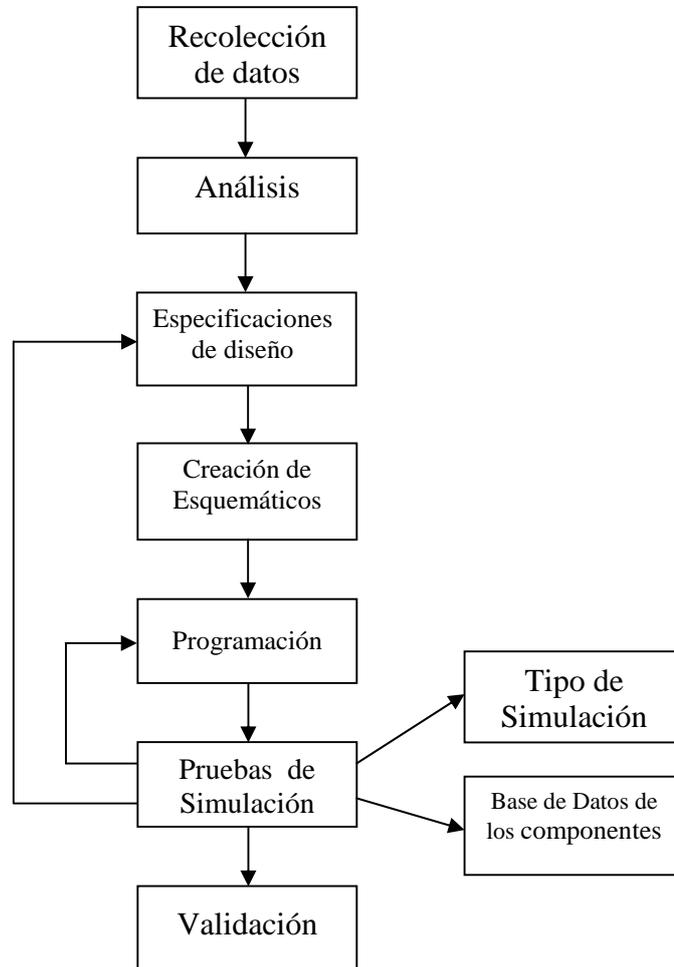


Fig. N° 2.40. Diagrama de Flujo del proceso de diseño.

Fuente: Elaboración propia

#### 2.11.5. INSTRUMENTOS

Los instrumentos o técnicas a emplear son:

**a) La lista de cotejos:**

Permitirá obtener información más precisa de una serie de características relevantes en las actividades realizadas, para el logro del proyecto del

diseño de un sistema de reconocimiento de voz utilizando un Módulo de Reconocimiento de Voz, para el control de desplazamiento de una silla de ruedas.

**Pasos para la elaboración de la Lista de Cotejo:**

- Seleccionar los dispositivos electrónicos que se van a utilizar en el proyecto.
- Colocar los pasos específicos en orden consecutivo: estudio del Módulo de reconocimiento de Voz, diseño del Hardware de control y diseño del software de control.

**b) Guía de observación**

Con este instrumento se recogerá la información a través de la observación de las diversas actividades para realizar el presente proyecto. Tales como el diseño del hardware de control, el diseño del software de control y su simulación respectiva.

## **CAPÍTULO III**

### **ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS**

### **3.1.CENTRO DE EDUCACIÓN Y REHABILITACIÓN SICOMOTRIZ INFANTIL - CERSI**

CERSI, es una institución sin fines de lucro que trabaja en la rehabilitación del niño y adultos, impedido físicamente e intelectualmente de bajos recursos económicos, con la finalidad de reintegrarlo a la vida útil y productiva en beneficio de ellos mismos, su familia y su comunidad. Esta institución funciona gracias a la colaboración desinteresada de personas e instituciones que lo apoyan.



Fig. N° 3.1. Fachada de la Institución CERSI

Fuente: Elaboración propia

#### **3.1.1. MISIÓN**

Rehabilitar al niño y adolescente impedido físicamente e intelectualmente de bajos recursos económicos, con la finalidad de reintegrarlo a la vida útil y productiva en beneficio de ellos mismos, su familia y su comunidad.

Educar a la comunidad para prevenir y evitar el incremento de niños con discapacidad de causa pre natal, natal y post natal.

### **3.1.2. PERFIL DE LA EMPRESA**

El Centro de Educación y Rehabilitación Sicomotriz Infantil, CERSI, es una institución sin fines de lucro que trabaja en la rehabilitación del niño y adolescente impedido físicamente e intelectualmente de bajos recursos económicos, con la finalidad de reintegrarlo a la vida útil y productiva en beneficio de ellos mismos, su familia y su comunidad.

Esta institución funciona hasta la actualidad gracias a la colaboración de personas e instituciones desinteresadas que lo apoyan para realizar el trabajo con la niñez y el adolescente que más lo necesitan.

### **3.1.3. DESCRIPCIÓN**

El CERSI fue fundado por un grupo de religiosos y laicos en el año 1986 que se unieron desinteresadamente en un solo ideal, trabajando primero en un salón de la Iglesia San Francisco de Asís de la Urb. 21 de abril de Chimbote con el apoyo de Reverendo Padre Juan Davis; debido a la gran afluencia de niños se alquila un local más amplio en la segunda cuadra de la Av. Meiggs donde se trabajó aproximadamente 2 años para posteriormente adquirir un local propio en la cuadra 10 del Jr. Elías Aguirre gracias al apoyo de la Cooperación Internacional (Caritas, grupo Solidaridad de Aachen) donde actualmente se viene prestando servicio de rehabilitación integral a niños y adultos de la comunidad Chimbotana.

### **3.1.4. INFORMACIÓN GENERAL**

CERSI, presta los servicios de:

- Terapia Física
- Terapia Ocupacional
- Terapia de Lenguaje
- Terapia Psicológica

- Aprestamiento Especial
- Estimulación Temprana
- Consejería Familiar
- Psicología

### 3.1.5. ORGANIGRAMA DE CERSI

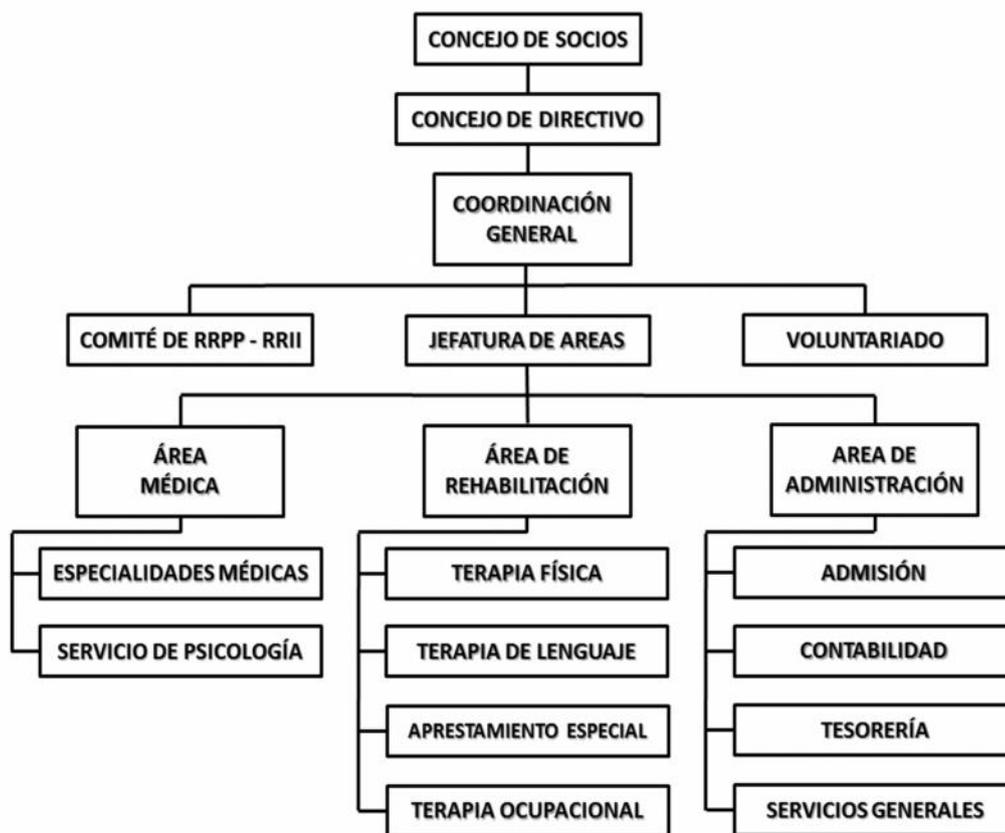


Fig. N° 3.2. Organigrama de la institución CERSI

Fuente: CERSI

El consejo de socios está compuesto por un grupo de religiosos, dirigido por el Reverendo Padre Juan Davis. La coordinación general está bajo el cargo de la Directora Margarita Sagastegui.

### 3.1.6. NÚMERO DE PACIENTES ATENDIDOS EN CERSI.

El número de atenciones realizadas en CERSI, nos muestra en siguiente tabla, según niños y jóvenes y adultos año 2009 – 2011.

Tabla N° 3.1: Estadísticas de atención CERSI 2009 – 2011

| AÑO               | 2009     |            | 2010     |            | 2011     |            |
|-------------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
|                   | Cantidad | Porcentaje | Cantidad | Porcentaje | Cantidad | Porcentaje |
| NIÑOS             | 450      | 71.43      | 515      | 80.47      | 465      | 76.23      |
| JÓVENES Y ADULTOS | 180      | 28.57      | 125      | 19.53      | 145      | 23.77      |
| TOTAL             | 630      | 100        | 640      | 100        | 610      | 100        |

Fuente: CERSI

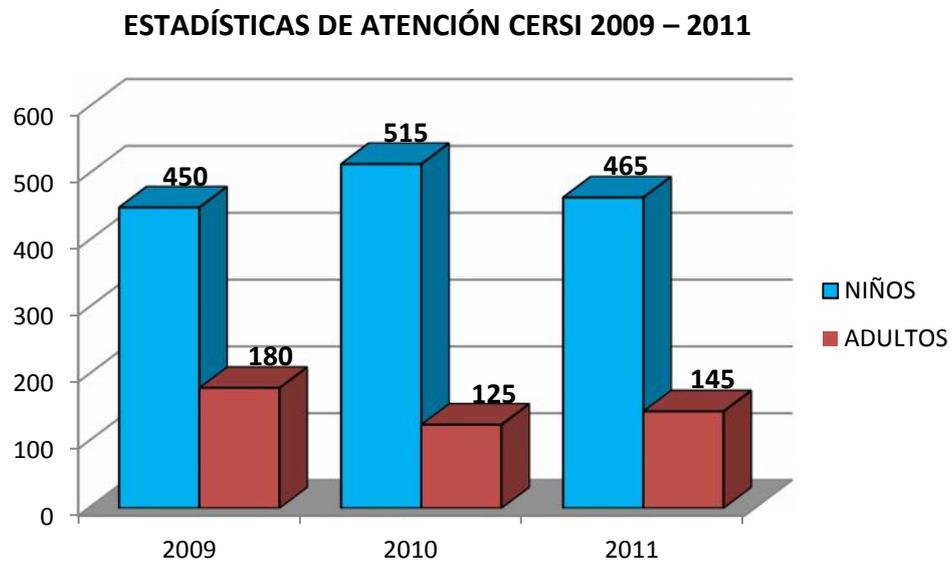


Fig. N° 3.3. Estadísticas de atención CERSI 2009 – 2011

Fuente: CERSI

## **DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN.**

Según la Tabla N° 3.1 y su respectivo Gráfico, se observa lo siguiente:

- En el año 2009, 450 pacientes que representan el 71.43%, son niños. 180 pacientes que representan el 28.57%, son jóvenes y adultos.
- En el año 2010, 515 pacientes que representan el 80.47%, son niños. 125 pacientes que representan el 19.53%, son jóvenes y adultos.
- En el año 2011, 465 pacientes que representan el 76.23%, son niños. 145 pacientes que representan el 23.77%, son jóvenes y adultos.

De lo anterior podemos señalar que aproximadamente las tres cuartas partes de pacientes atendidos en el Centro de Educación y Rehabilitación Sicomotriz Infantil CERSI, son niños. Otro grupo reducido que equivale aproximadamente la cuarta parte de pacientes atendidos son jóvenes y adultos

### 3.1.7. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

#### A. Características más resaltantes de los pacientes atendidos

Entre las características más resaltantes de los pacientes atendidos por CERSI se destacan:

**A.1.** Existen pacientes con incapacidad motora en todas extremidades a quienes le es imposible poner en movimiento una silla de ruedas manual.

#### ➤ DISCAPACIDAD DE PACIENTES EN CERSI

Se recolectó la información para conocer, cuantos pacientes tienen discapacidad en todo el cuerpo, discapacidad en las piernas y brazos y discapacidad solo en las piernas, obteniéndose el siguiente resultado.

Tabla N° 3.2: La discapacidad en CERSI

| <b>DISCAPACIDAD</b>     | <b>CANTIDAD</b> | <b>PORCENTAJE</b> |
|-------------------------|-----------------|-------------------|
| <b>Todo el cuerpo</b>   | 3               | 13.64             |
| <b>Piernas y brazos</b> | 7               | 31.82             |
| <b>Piernas</b>          | 12              | 54.55             |
| <b>TOTAL</b>            | <b>22</b>       | <b>100</b>        |

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

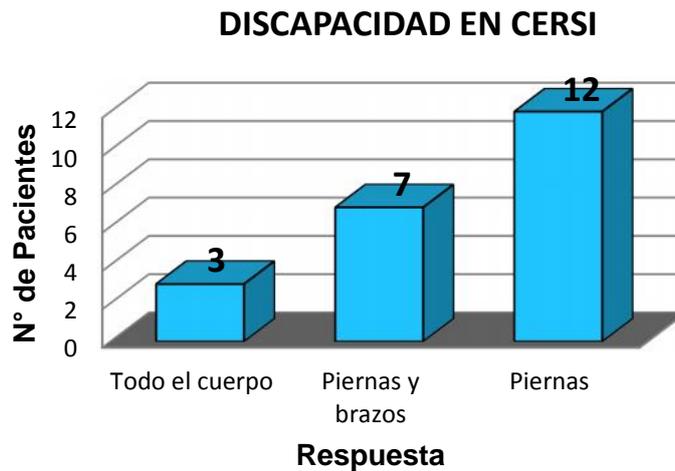


Fig. N° 3.4. La discapacidad en CERSI

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

### **DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN.**

Según la Tabla N° 3.2 y su respectivo Gráfico, se observa lo siguiente:

- 12 pacientes encuestados que representan el 54.55%, manifiestan que tienen discapacidad solo en las piernas.
- 07 pacientes encuestados que representan el 31.82%, manifiestan que tienen discapacidad en las piernas y brazos.
- 03 pacientes encuestados que representan el 13.64%, manifiestan que tienen discapacidad en todo el cuerpo.

De lo anterior podemos señalar que aproximadamente más de la mitad de pacientes encuestados del Centro de Educación y Rehabilitación Sicomotriz Infantil CERSI, manifiestan que tienen discapacidad solo en las piernas. Otro grupo que equivale aproximadamente la tercera parte, manifiesta que tienen discapacidad en las piernas y brazos. Finalmente, un grupo menos significativo, tienen discapacidad en todo el cuerpo

➤ **CAPACIDAD PARA COMANDAR CON LA VOZ**

Se recolectó la información para conocer, cuantos pacientes tienen la capacidad de controlar la silla de ruedas con su voz, obteniéndose el siguiente resultado.

Tabla N° 3.3: Capacidad para comandar con la voz

| <b>RESPUESTA</b> | <b>CANTIDAD</b> | <b>PORCENTAJE</b> |
|------------------|-----------------|-------------------|
| <b>Si</b>        | 18              | 81.82             |
| <b>No</b>        | 4               | 18.18             |
| <b>TOTAL</b>     | <b>22</b>       | <b>100</b>        |

Fuente: Encuesta CERSI, 2013



Fig. N° 3.5. Capacidad para comandar con la voz.

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

## **DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN.**

Según la Tabla N° 3.3 y su respectivo Gráfico, se observa lo siguiente:

- 18 pacientes encuestados que representan el 81.82%, manifiestan que Si tienen capacidad de comandar la silla de ruedas controladas por voz.
- 03 pacientes encuestados que representan el 18.18%, manifiestan que No tiene capacidad para comandar la silla de ruedas controladas por voz.

De lo anterior podemos señalar que un número muy significativo de pacientes encuestados del Centro de Educación y Rehabilitación Sicomotriz Infantil CERSI, manifiestan que Si tienen capacidad de comandar la silla de ruedas controladas por voz. Un grupo que equivale aproximadamente la quinta parte No tienen capacidad de comandar la silla de ruedas controladas por voz.

**A.2.** Las sillas de ruedas convencionales, generan dolor en las extremidades superiores y espalda por esfuerzo del discapacitado.

➤ **LA SILLA DE RUEDAS, GENERAN DOLOR EN LAS EXTREMIDADES SUPERIORES Y ESPALDA**

Se recolectó la información para conocer, a cuantos pacientes les genera dolor en las extremidades superiores y espalda, al momento de desplazarse con su silla de ruedas, obteniéndose el siguiente resultado.

Tabla N° 3.4: Las sillas de ruedas, generan dolor en las extremidades superiores y espalda

| <b>RESPUESTA</b> | <b>CANTIDAD</b> | <b>PORCENTAJE</b> |
|------------------|-----------------|-------------------|
| <b>Si</b>        | 12              | 54.55             |
| <b>No</b>        | 10              | 45.45             |
| <b>TOTAL</b>     | <b>22</b>       | <b>100</b>        |

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

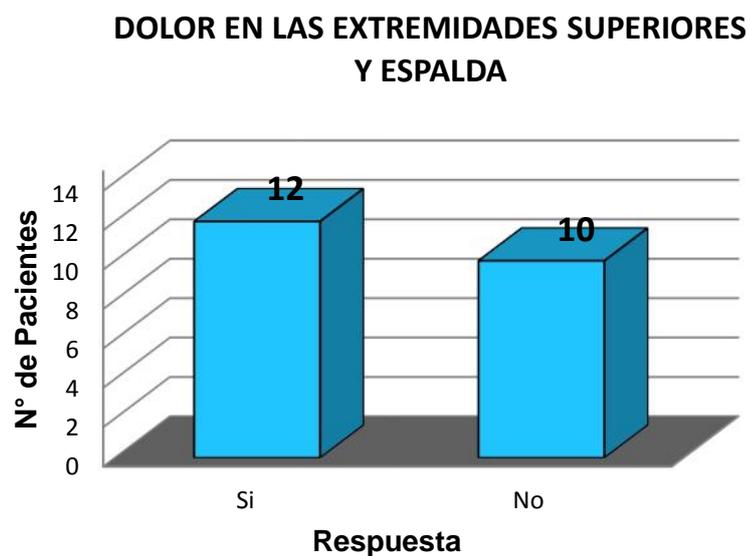


Fig. N° 3.6. Las sillas de ruedas, generan dolor en las extremidades superiores y espalda

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

## **DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN.**

Según la Tabla N° 3.4 y su respectivo Gráfico, se observa lo siguiente:

- 12 pacientes encuestados que representan el 54.55%, manifiestan que el uso de la sillas de ruedas, Si les genera dolor en las extremidades superiores y espalda.
- 10 pacientes encuestados que representan el 45.45%, manifiestan que el uso de la sillas de ruedas, No les genera dolor en las extremidades superiores y espalda.

De lo anterior podemos señalar que aproximadamente más de la mitad de pacientes encuestados del Centro de Educación y Rehabilitación Sicomotriz Infantil CERSI, manifiestan que el uso de las sillas de ruedas les genera dolor en las extremidades superiores y espalda. Otro grupo que equivale aproximadamente a las dos quintas parte de pacientes encuestados manifiestan que el uso de la silla de ruedas No les genera dolor en las extremidades superiores y espalda.

➤ **USAR LA SILLA DE RUEDAS CONTROLADAS POR VOZ**

Se recolectó la información para conocer, cuantos pacientes desearían usar la silla de ruedas controladas por su voz, obteniéndose el siguiente resultado.

Tabla N° 3.5: Usar la silla de ruedas controladas por voz

| <b>RESPUESTA</b> | <b>CANTIDAD</b> | <b>PORCENTAJE</b> |
|------------------|-----------------|-------------------|
| <b>Si</b>        | 18              | 81.82             |
| <b>No</b>        | 4               | 18.18             |
| <b>TOTAL</b>     | <b>22</b>       | <b>100</b>        |

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

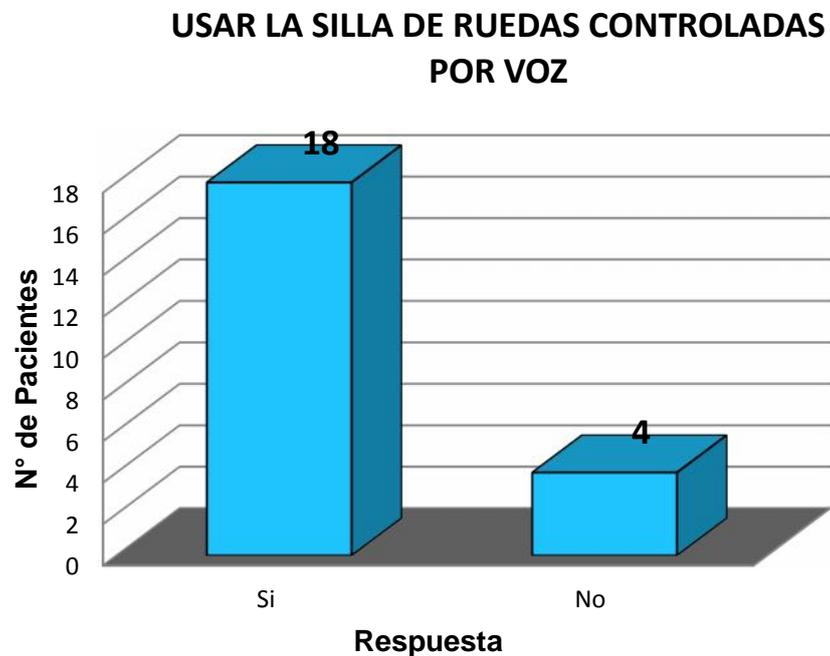


Fig. N° 3.7. Usar la silla de ruedas controladas por voz.

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

## **DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN.**

Según la Tabla N° 3.5 y su respectivo Gráfico, se observa lo siguiente:

- 18 pacientes encuestados que representan el 81.82%, manifiestan que Si les gustaría usar una silla de ruedas controlada por voz.
- 04 pacientes encuestados que representan el 18.18%, manifiestan que No pueden usar la silla de ruedas controladas por voz.

De lo anterior podemos señalar que un número muy significativo de pacientes encuestados del Centro de Educación y Rehabilitación Sicomotriz Infantil CERSI, afirman que Si les gustaría usar la silla de ruedas controladas por voz. Otro grupo que equivale aproximadamente la sexta parte, manifestó que no usarían la silla de ruedas controlada por voz, porque no pueden hablar con normalidad.

**A.3.** Algunos discapacitados le falta habilidad o fuerza en la parte superior del cuerpo y la habilidad de moverse por sí mismo

➤ **FALTA FUERZA EN LA PARTE SUPERIOR DEL CUERPO Y/O HABILIDAD DE MOVERSE POR SÍ MISMO.**

Se recolectó la información para conocer, a cuantos pacientes les falta fuerza en los brazos, al momento de desplazarse con su silla de ruedas, obteniéndose el siguiente resultado.

Tabla N° 3.6: Le falta fuerza en la parte superior del cuerpo y/o habilidad de moverse por sí mismo.

| RESPUESTA    | CANTIDAD  | PORCENTAJE |
|--------------|-----------|------------|
| Si           | 13        | 59.09      |
| No           | 9         | 40.91      |
| <b>TOTAL</b> | <b>22</b> | <b>100</b> |

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

**FALTA FUERZA EN LA PARTE SUPERIOR DEL CUERPO**

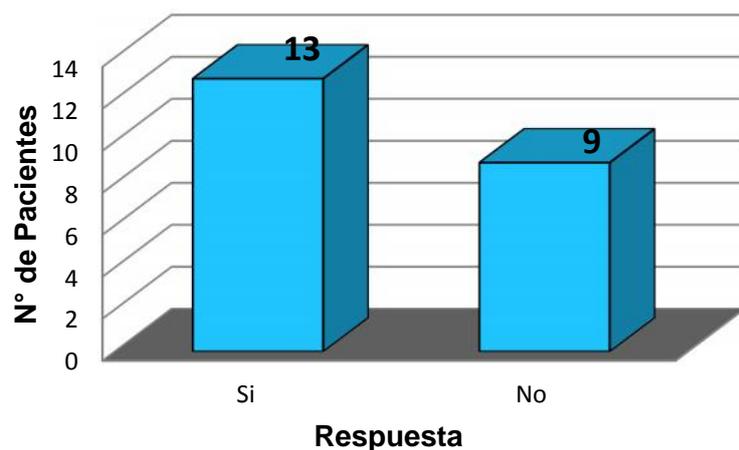


Fig. N° 3.8. Le falta fuerza en la parte superior del cuerpo y/o habilidad de moverse por sí mismo.

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

## **DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN.**

Según la Tabla N° 3.6 y su respectivo Gráfico, se observa lo siguiente:

- 13 pacientes encuestados que representan el 59.09%, manifiestan que Si le falta habilidad o fuerza en la parte superior del cuerpo y habilidad de moverse por sí mismo.
- 09 pacientes encuestados que representan el 40.91%, manifiestan que Tienen habilidad o fuerza en la parte superior del cuerpo y habilidad de moverse por sí mismo.

De lo anterior podemos señalar que aproximadamente las tres quintas partes de pacientes encuestados del Centro de Educación y Rehabilitación Sicomotriz Infantil CERSI, manifiesta que Si le falta habilidad o fuerza en la parte superior del cuerpo y habilidad de moverse por sí mismo. Otro grupo, que equivale aproximadamente las dos quintas parte manifestó que si tienen habilidad para moverse por sí mismo.

**A.4.**Dependiendo de su condición, el discapacitado requiere de un ayudante para que lo desplace de un lugar a otro.

➤ **REQUIERE DE UN AYUDANTE PARA SU DESPLAZAMIENTO**

Se recolectó la información para conocer, cuantos pacientes requieren de un ayudante, para su despeamiento con su silla de ruedas, obteniéndose el siguiente resultado.

Tabla N° 3.7: Requiere de un ayudante para su desplazamiento

| <b>RESPUESTA</b>    | <b>CANTIDAD</b> | <b>PORCENTAJE</b> |
|---------------------|-----------------|-------------------|
| <b>Si</b>           | 12              | 54.55             |
| <b>No</b>           | 6               | 27.27             |
| <b>Parcialmente</b> | 4               | 18.18             |
| <b>TOTAL</b>        | <b>22</b>       | <b>100</b>        |

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

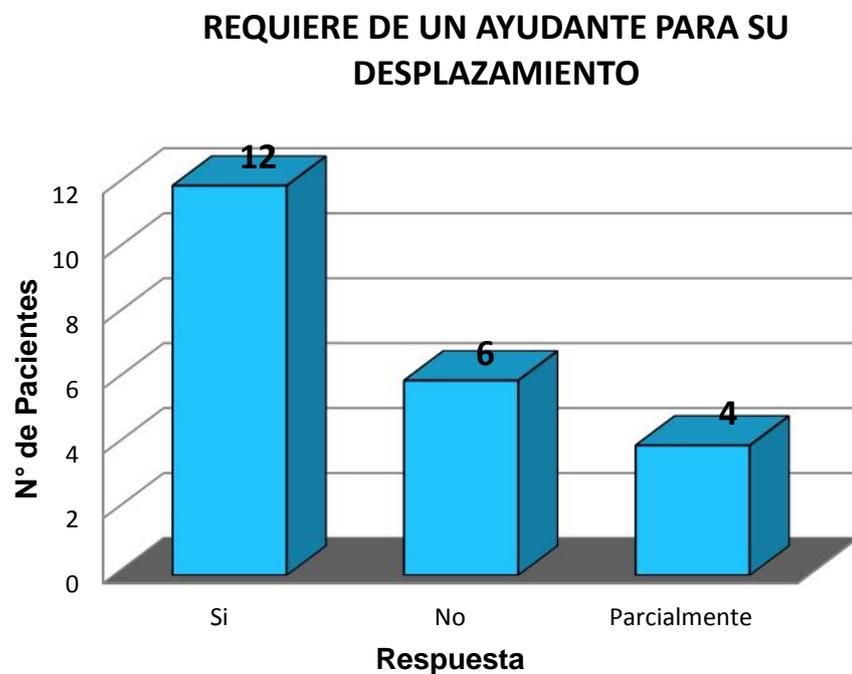


Fig. N° 3.9. Requiere de un ayudante para su desplazamiento

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

## **DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN.**

De la pregunta, Requiere de un ayudante para su desplazamiento, según la Tabla N° 3.7 y su respectivo Gráfico, se observa lo siguiente:

- 12 pacientes encuestados que representan el 54.55%, manifiestan que Si requiere de un ayudante para su desplazamiento.
- 06 pacientes encuestados que representan el 27.27%, manifiestan que No requiere de un ayudante para su desplazamiento.
- 04 pacientes encuestados que representan el 18.18%, manifiestan que parcialmente requiere de un ayudante para su desplazamiento.

De lo anterior podemos señalar que más de la mitad de pacientes encuestados del Centro de Educación y Rehabilitación Sicomotriz Infantil CERSI, manifiestan que Si requiere de un ayudante para su desplazamiento. Otro grupo que equivale a la cuarta parte de pacientes encuestados, manifiestan que No requiere de un ayudante para su desplazamiento. Finalmente, un grupo menos significativo manifiesta que parcialmente requiere de un ayudante para su desplazamiento.

## B. Características más resaltantes de las sillas empleadas por los pacientes de CERSI

B.1. El sistema de freno, requiere de un movimiento físico.

### ➤ SISTEMA DE FRENO DE LA SILLA DE RUEDAS

Se recolectó la información para conocer, que tipo de sistema de freno tienen los pacientes de CERSI, obteniéndose el siguiente resultado.

Tabla N° 3.8: Sistema de freno de la silla de ruedas

| RESPUESTA    | CANTIDAD  | PORCENTAJE |
|--------------|-----------|------------|
| Manual       | 17        | 77.27      |
| Mecánicas    | 4         | 18.18      |
| Eléctricas   | 1         | 4,55       |
| <b>TOTAL</b> | <b>22</b> | <b>100</b> |

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

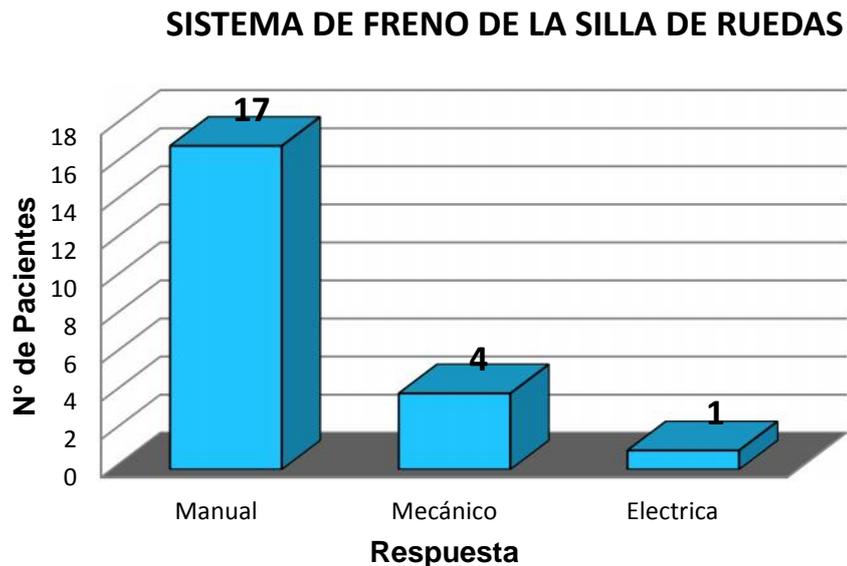


Fig. N° 3.10. Sistema de freno de la silla de ruedas

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

## **DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN.**

Según la Tabla N° 3.8 y su respectivo Gráfico, se observa lo siguiente:

- 17 pacientes encuestados que representan el 77.27%, manifiestan que el sistema de freno que usa es manual.
- 04 paciente encuestado que representa el 18.18%, manifiesta que el sistema de freno de la silla de ruedas que usa, es mecánico.
- 01 paciente encuestado que representa el 4.55%, manifiesta que el sistema de freno que usa es eléctrico.

De lo anterior podemos señalar que aproximadamente más de las tres cuartas parte de pacientes encuestados del Centro de Educación y Rehabilitación Sicomotriz Infantil CERSI, manifiestan que el sistema de freno de la silla de ruedas que usa es manual. Otro grupo que equivale aproximadamente a la quinta parte de pacientes encuestados, manifiestan que el sistema de freno de la silla de ruedas que usa es mecánico. Finalmente, un grupo menos significativo de paciente manifiesta que tiene un sistema de freno eléctrico.

**B.2.** El ayudante realiza un esfuerzo físico y no le permite realizar otro tipo de actividad.

➤ **OCURRENCIAS EN LOS ÚLTIMOS MESES**

Se recolectó la información para conocer, cuantos pacientes tuvieron caídas o accidentes con la persona que lo ayuda a desplazarse, obteniéndose el siguiente resultado

Tabla N° 3.9: Ocurrencias en los últimos meses.

| <b>RESPUESTA</b>  | <b>CANTIDAD</b> | <b>PORCENTAJE</b> |
|-------------------|-----------------|-------------------|
| <b>Caídas</b>     | 6               | 27.27             |
| <b>Accidentes</b> | 3               | 13.64             |
| <b>Ninguna</b>    | 13              | 59.09             |
| <b>TOTAL</b>      | <b>22</b>       | <b>100</b>        |

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

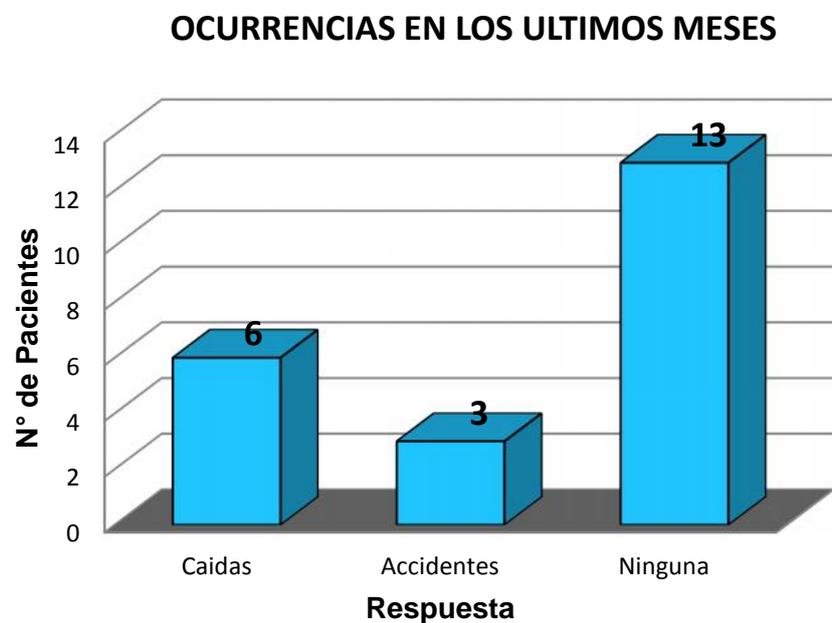


Fig. N° 3.11. Ocurrencias en los últimos meses.

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

## **DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN.**

Según la Tabla N° 3.9 y su respectivo Gráfico, se observa lo siguiente:

- 06 pacientes encuestados que representan el 27.27%, manifiestan que tuvieron alguna caídas con la persona que lo ayuda a desplazarse.
- 03 pacientes encuestados que representan el 13.64%, manifiestan que tuvieron alguna tipo de accidente con la persona que lo ayuda a desplazarse
- 13 pacientes encuestados que representan el 59.09%, manifiestan que no tuvieron ningún tipo de ocurrencias con la persona que lo ayuda a desplazarse.

De lo anterior podemos señalar que aproximadamente la cuarta parte de pacientes encuestados del Centro de Educación y Rehabilitación Sicomotriz Infantil CERSI, manifiestan que sí tuvieron caídas en los últimos meses. Otro grupo menos significativo manifiestan que sí tuvieron algún tipo de accidente con la persona que lo ayuda a desplazarse. Finalmente, un grupo que equivale aproximadamente a más de la mitad de pacientes encuestados, manifiestan que no tuvieron ningún tipo de accidente.

### B.3. Peso que soporta la silla de ruedas

Para comprobar el peso de los pacientes, se realizó la encuesta del peso de los pacientes por edades.

#### ➤ PACIENTES ENCUESTADOS

Se recolectó la información para conocer, cuantos pacientes atendidos son niños y jóvenes-adultos, obteniéndose el siguiente resultado

Tabla N° 3.10: Pacientes encuestados en CERSI.

| RESPUESTA         | CANTIDAD | PORCENTAJE |
|-------------------|----------|------------|
| Niños             | 14       | 63.64      |
| Jóvenes y adultos | 8        | 36.36      |
| TOTAL             | 22       | 100        |

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

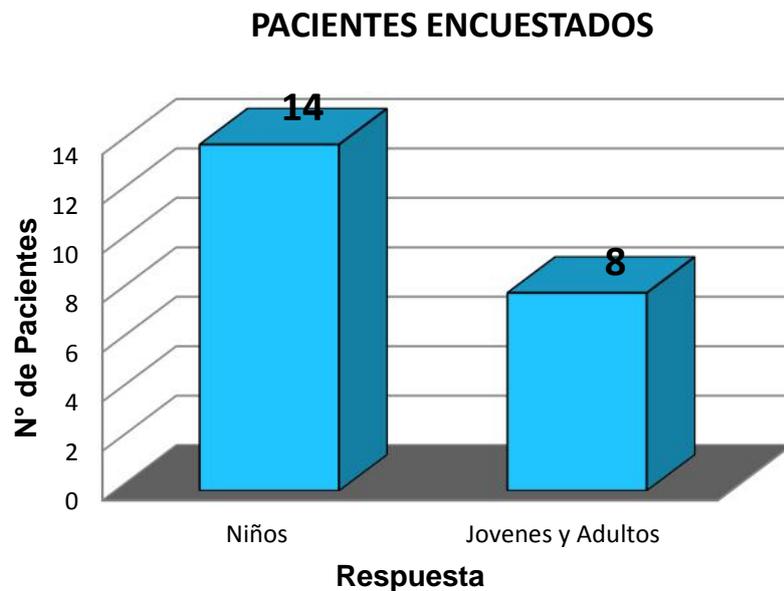


Fig. N° 3.12. Pacientes encuestados en CERSI.

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

## **DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN.**

Según la Tabla N° 3.10 y su respectivo Gráfico, se observa lo siguiente:

- 14 pacientes encuestados que representan el 63.64%, son niños.
- 08 pacientes encuestados que representan el 36.36%, son jóvenes y Adultos.

De lo anterior podemos señalar que aproximadamente las tres quintas partes de pacientes encuestados del Centro de Educación y Rehabilitación Sicomotriz Infantil CERSI, son niños. Otro grupo, que equivale aproximadamente las dos quintas parte, son jóvenes y adultos.

➤ **PESO POR EDAD EN NIÑOS**

Para mostrar el peso de los niños, Se desarrolló una tabla de peso por edad de los niños atendidos en CERSI.

Tabla N° 3.11: Tabla de peso por edad en niños

|                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <b>EDAD</b>    | 5  | 8  | 8  | 9  | 9  | 9  | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 14 | 14 |
| <b>PESO Kg</b> | 20 | 24 | 25 | 27 | 27 | 28 | 30 | 35 | 35 | 37 | 38 | 39 | 48 | 50 |

Fuente: Encuesta CERSI, 2013



Fig. N° 3.13 Peso por edad de niños de 5 a 14 años.

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

## **DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN.**

Según la Tabla N° 3.11 y su respectivo Gráfico, se observa lo siguiente:

- Entre 5 y 10 años de edad, los pesos oscilan entre 20 a 30 kg.
- Entre 10 y 12 años de edad, los pesos oscila entre 30 a 40 kg.
- Entre 12 y 14 años de edad, los pesos oscila entre 40 y 50 kg.

De lo anterior podemos señalar que los niños, del Centro de Educación y Rehabilitación Sicomotriz Infantil CERSI, manifiestan que sus pesos oscilan están 20 a 50 kg. La silla de ruedas si puede soportar estos pesos.

➤ **PESO POR EDAD EN JÓVENES Y ADULTOS**

Para mostrar el peso de los jóvenes y adultos, Se desarrolló una tabla de peso por edad de los jóvenes y adultos atendidos en CERSI.

Tabla N° 3.12: Tabla de peso por edad en jóvenes y adultos.

|                |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <b>EDAD</b>    | 19 | 22 | 28 | 30 | 41 | 45 | 46 | 50 |
| <b>PESO Kg</b> | 68 | 69 | 72 | 74 | 75 | 76 | 77 | 77 |

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

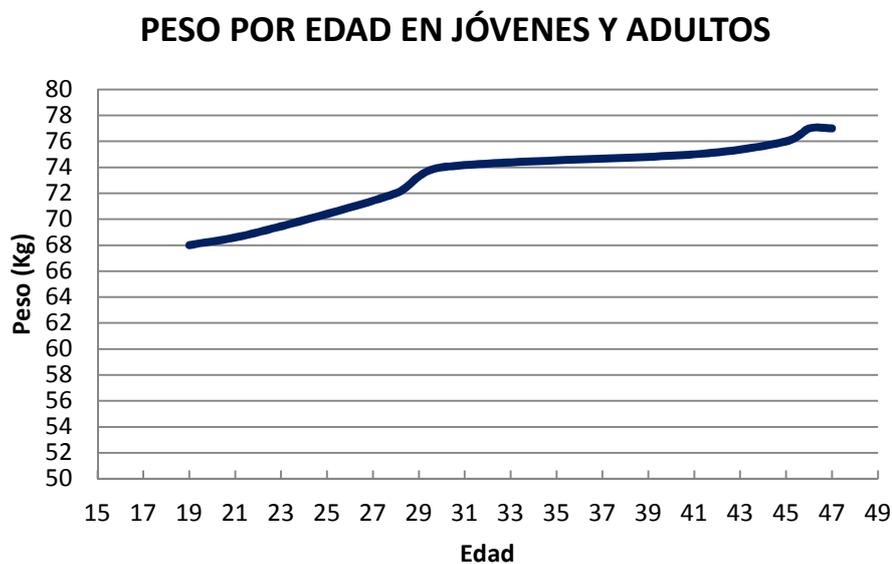


Fig. N° 3.14 Peso por edad de los jóvenes y adultos

Fuente: Encuesta CERSI, 2013

## **DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN.**

Según la Tabla N° 3.12 y su respectivo Gráfico, se observa lo siguiente:

- Entre 19 y 30 años de edad, los pesos oscilan entre 68 a 74 kg.
- Entre 30 y 45 años de edad, los pesos oscila entre 74 a 76 kg.
- Entre 45 y 47 años de edad, los pesos oscila entre 76 a 77 kg.

De lo anterior podemos señalar que los jóvenes y adultos, del Centro de Educación y Rehabilitación Sicomotriz Infantil CERSI, manifiestan que sus pesos oscilan entre 68 kg a 77 kg. Por lo tanto, la silla de ruedas si puede soportar estos pesos. El Peso Máximo que soporta la silla de ruedas es de 120 kg

## **C. Requerimientos de los pacientes de CERSI**

### **RESULTADOS**

Se realizó una encuesta a los pacientes del Centro de Educación y Rehabilitación Sicomotriz Infantil CERSI. Evaluándose 22 pacientes de las cuales 14 pacientes fueron niños y 8 pacientes fueron jóvenes y adultos.

Según los resultados de la encuesta, en el Centro de Educación y Rehabilitación Sicomotriz Infantil CERSI, el 81.82% de pacientes poseen capacidad para comandar con la voz, beneficiándose de esta manera 18 pacientes.

Las cifras nos revelan también que la discapacidad más frecuente en el Centro de Educación y Rehabilitación Sicomotriz Infantil CERSI, es la discapacidad motora el cual corresponde al 86.39%. Seguida por la paraplejía cerebral que afecta al 13.64% de pacientes.

El 54.55% de pacientes que tienen discapacidad motora, se desplazan utilizando las sillas de ruedas normales, el cual le genera cansancio y dolores en la espalda. Estos pacientes requieren un sistema alternativo por voz para poder desplazarse sin generarle cansancio y dolor en la espalda.

Si varios pacientes tuvieran sillas de ruedas controlado por voz, no generaría problemas de señal de voz, porque el módulo de reconocimiento de voz AU\_VOI\_REC\_00A, se puede configurar como dependiente del hablante y así el sistema podrá reconocer, solo la voz del paciente. Además este módulo tiene un filtro para evitar problemas de ruidos e interferencias.

Este proyecto, Diseño de sistema de reconocimiento de voz, para el desplazamiento de una silla de ruedas, se puede adaptar a las sillas de ruedas que ellos utilizan. El costo del equipamiento se detallara más adelante.

El sistema que se va a diseñar, tiene tres modos de operación: modo manual, modo por control por voz y modo de configuración. Si en caso falle el comando electrónico, se puede usar el modo manual, que se controla a través de Joystick. Si en caso falla todo el sistema, se apaga y la silla se comporta como una silla de ruedas normal.

Con estas sillas de ruedas, se logrará que los pacientes con discapacidad motriz, del Centro de Educación y Rehabilitación Sicomotriz Infantil CERSI, puedan desplazarse solo con su propia voz, lo cual tendrían mayor independencia e integración social. Además, esta silla electrónica, ayudara al 54.55% de pacientes que sufren de dolor de extremidades superiores y espalda al momento de desplazarse. Ayudará también a la calidad de vida del paciente, teniendo mayor participación dentro de la familia y de la comunidad.

### 3.2. SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE VOZ

Se realizan los diseños en un sistema basado en un microcontrolador, que permita controlar el desplazamiento y giro de una silla de ruedas por medio de la voz del usuario y de un joystick, de acuerdo al diagrama de bloques de la Figura 3.15.

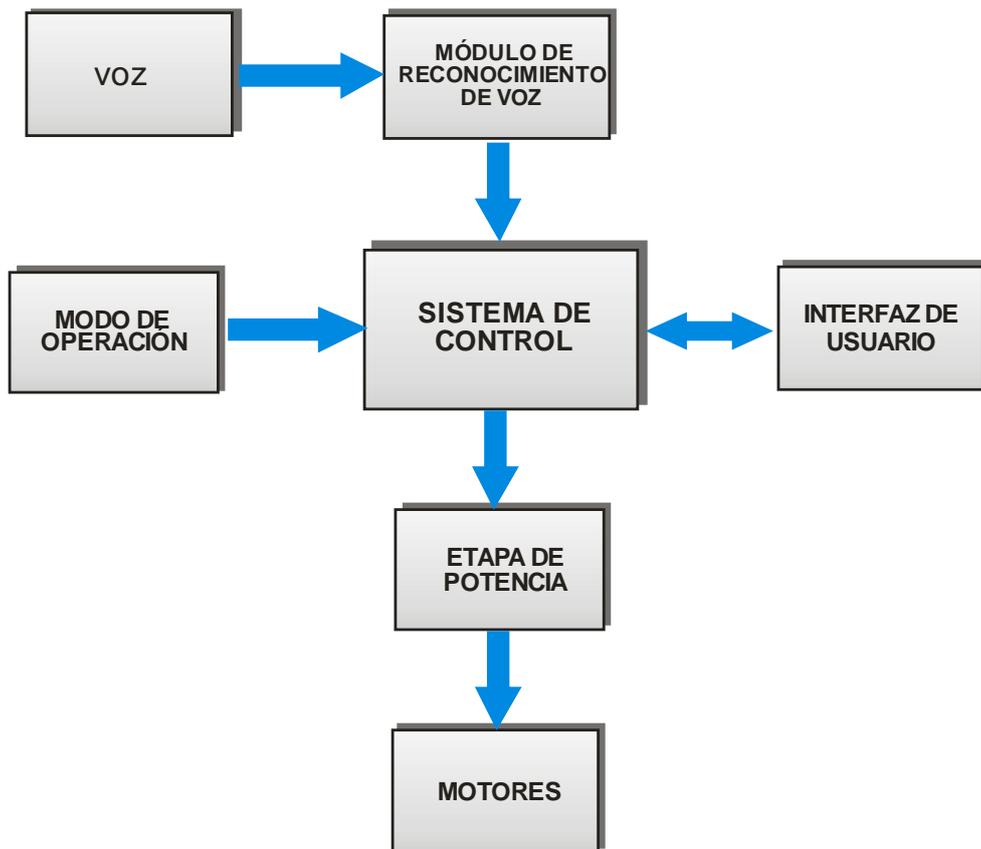


Fig. N° 3.15. Diagrama de bloques del sistema

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. ANÁLISIS DE LA SILLA DE RUEDAS

Para la silla de ruedas controlada por la voz, es una silla de ruedas estándar (Figura 3.16). La silla es rectangular con tracción diferencial (dos ruedas controlables y dos ruedas libres). Las dos ruedas delanteras de movimiento libre permiten el giro de la silla.

Para el diseño de la silla, se considera el peso de todos los componentes que integran el sistema: silla de ruedas, sistema de control y potencia, usuario, batería.

El peso aproximado de la estructura de la silla de ruedas es de 18 kg y el peso máximo de soporte de una silla de ruedas estándar es de 120 kg.



Fig. N° 3.16. Silla de Ruedas estándar quemado al horno

Fuente: <http://lima-lima.olx.com.pe/silla-de-rueda-importada-standar-iid-458648705>

Para calcular el Peso Total a Movilizar (*PTM*) debemos considerar los siguientes pesos:

|  |                     |
|--|---------------------|
| <i>Peso de la Estructura de la Silla</i> | <i>PES = 18 kg</i>  |
| <i>Peso Máximo de Soporte</i>            | <i>PMS = 120 kg</i> |
| <i>Peso de la Batería</i>                | <i>PB = 15 kg</i>   |
| <i>Peso de la Tarjeta de Control</i>     | <i>PTC = 0.3 kg</i> |
| <i>Peso Soporte de la Batería</i>        | <i>PSB = 0.6 kg</i> |
| <i>Peso del Joysticks</i>                | <i>PJ = 0.1 kg</i>  |

$$PTM = PES + PMS + PB + PTC + PSB + PJ$$

$$PTM = 18 \text{ kg} + 120 \text{ kg} + 15 \text{ kg} + 0.3 \text{ kg} + 0.6 \text{ kg} + 0.1 \text{ kg}$$

$$PTM = 154 \text{ kg}$$

El cálculo del peso de un cuerpo a partir de su masa se puede expresar mediante la segunda ley de la dinámica:

$$P = mg$$

$$P = Kg * 9.81 \text{ m/s}^2$$

Reemplazando:

$$PTM = 154 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$PTM = 1510.74 \text{ N}$$

Con este Peso Total a Movilizar (*PTM*), se calcula la fuerza máxima que debe tener los motores para movilizar la silla de ruedas.

### 3.3.1. CALCULO DE LA FUERZA MÁXIMA EN UNA SUPERFICIE PLANA

Para calcular la Fuerza máxima, se recurrió a las leyes de Newton mediante el diagrama de cuerpo libre.

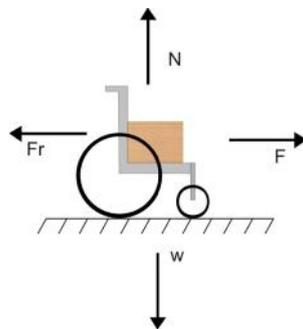


Fig. N° 3.17. Superficie Plana

Fuente: Chango, Henry. Toctaguano, Roberto." Diseño y construcción de un sistema basado en un microcontrolador para controlar por voz y joystick el desplazamiento de una silla de ruedas".  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1111>

La fuerza de rozamiento al deslizamiento es proporcional al coeficiente. Es decir:

$$Fr = \mu * N \quad (\text{ley del rozamiento al deslizamiento})$$

El coeficiente  $\mu$  se llama coeficiente dinámico de rozamiento, para diferenciar la fuerza  $Fr$  de la que habrá que ejercer para poner en movimiento a la silla de ruedas.

Para materiales de hule sobre concreto se toma un coeficiente de fricción cinético aproximadamente de 0,57.

$$\begin{aligned} F_x &= 0 \\ F - Fr &= 0 \\ F &= Fr \\ F &= \mu * N. \dots\dots \\ F_y &= 0 \\ N - W &= 0 \\ N &= W \\ N &= m * g. \dots\dots \end{aligned}$$

Reemplazando la ecuación en la ecuación

$$\begin{aligned} F &= \mu * m * g \\ F &= 0.57 * 1510.74 N \end{aligned}$$

$$\boxed{F = 861.12 N}$$

Esta es la Fuerza máxima para que la silla gire en cualquier dirección.

### **3.3.2. CALCULO DE LA FUERZA MÁXIMA EN UNA SUPERFICIE ASCENDENTE**

Se denomina pendiente o inclinación de una rampa a la relación que existe entre la altura a superar y la longitud de la rampa. Esta inclinación permite a las personas en sillas de ruedas, subir fácilmente y de forma independiente. La pendiente o inclinación de una rampa se mide en porcentaje, el cual se determina dividiendo la altura a superar entre la longitud de la rampa.

La pendiente o inclinación más recomendable para rampas que no superen los 7.50 metros es 10%. En el caso de rampas cortas como las que se encuentran en las esquinas de las veredas, la pendiente recomendable es de hasta 12%.

Las aceras y rampas en los espacios públicos, deberán mantener los rangos de pendientes máximas previstos en el literal a) del artículo 9° de la Norma A. 120 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

El Reglamento Nacional de Edificaciones publicado en el diario El Peruano el 8 de junio de 2006, reemplazado al Reglamento Nacional de Construcciones, indica:

Las rampas deberán mantener los siguientes rangos de pendientes máximas:

|  |                  |
|--|------------------|
| Diferencias de nivel de hasta 0.25 mts.      | 12% de pendiente |
| Diferencias de nivel de 0.26 hasta 0.75 mts. | 10% de pendiente |
| Diferencias de nivel de 0.76 hasta 1.20 mts. | 8 % de pendiente |
| Diferencias de nivel de 1.21 hasta 1.80 mts. | 6% de pendiente  |
| Diferencias de nivel de 1.81 hasta 2.00 mts. | 4% de pendiente  |
| Diferencias de nivel mayores                 | 2% de pendiente  |

Para el diseño se considera el valor más crítico con pendiente de 12%.

$$12\% = H \cdot 100/L$$

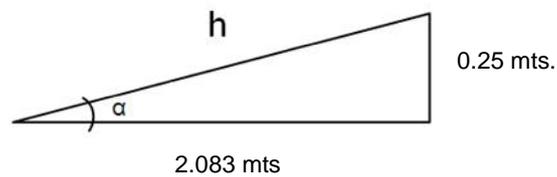
Donde

H = altura

L = longitud

$$L = 0.25 \text{ m} \cdot 100/12$$

$$L = 2.083 \text{ mts.}$$



Calculo de la elevación  $h$

$$h^2 = (0.25)^2 + (2.083)^2$$

$$h = 2.098 \text{ mts.}$$

$$= \arcsen (0.25/2.098)$$

$$= \arcsen (0.119)$$

$$= 6.84^\circ$$

La Figura N° 3.18 muestra el diagrama de cuerpo libre de la superficie con pendiente Ascendente

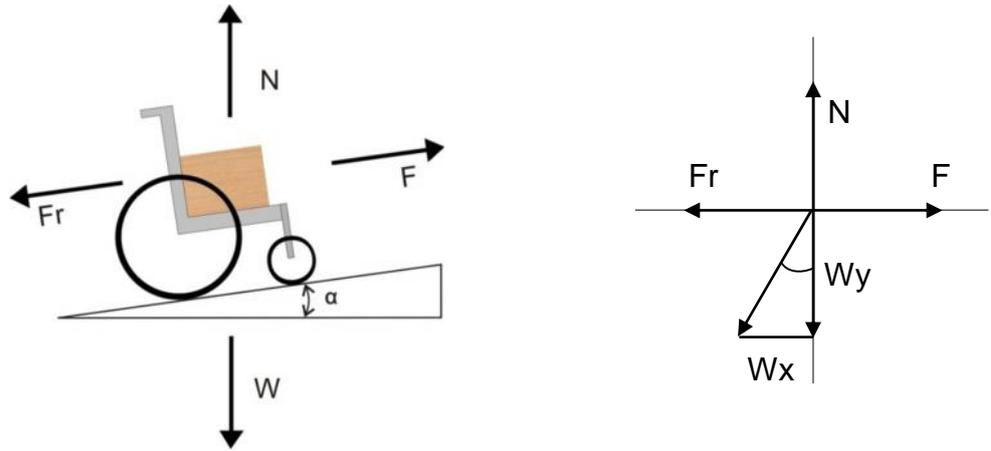


Fig. N° 3.18. Superficie Pendiente Ascendente

Fuente: Chango, Henry. Toctaguano, Roberto.” Diseño y construcción de un sistema basado en un microcontrolador para controlar por voz y joystick el desplazamiento de una silla de ruedas”.  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1111>

$$F_x = 0$$

$$F - (Fr + W_x) = 0$$

$$F = Fr + W_x$$

$$F = \mu * N + W * \text{sen} ( \ ) \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

$$F_y = 0$$

$$N - W_y = 0$$

$$N = W_y$$

$$N = W * \text{cos} ( \ )$$

$$N = m * g * \text{cos} ( \ ) \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

Reemplazando la ecuación  $\textcircled{2}$  en la ecuación  $\textcircled{1}$

$$F = \mu * m * g * \text{cos} ( \ ) + m * g * \text{sen} ( \ )$$

$$F = m * g * (\mu * \text{cos} ( \ ) + \text{sen} ( \ ))$$

$$F = 1510.74 * (0.57 * \text{cos} (6.84^\circ) + \text{sen} (6.84^\circ))$$

$F = 1034.86 \text{ N}$

### 3.3.3. CALCULO DE LA FUERZA MÁXIMA EN UNA SUPERFICIE DESCENDENTE

La Figura N° 3.19 muestra el diagrama de cuerpo libre de la superficie con pendiente Descendente

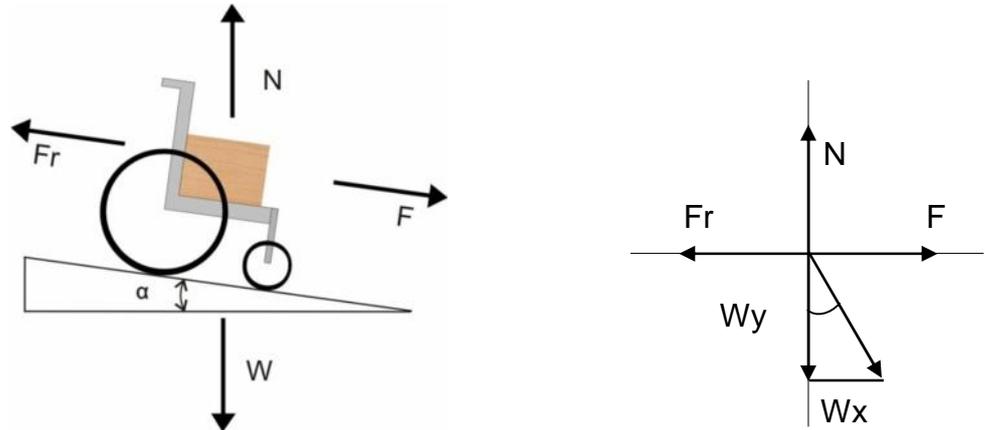


Fig. N° 3.19. Superficie Pendiente Descendente

Fuente: Chango, Henry. Toctaguano, Roberto.” Diseño y construcción de un sistema basado en un microcontrolador para controlar por voz y joystick el desplazamiento de una silla de ruedas”.  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1111>

$$F_x = 0$$

$$Fr - (F + W_x) = 0$$

$$Fr = F + W_x$$

$$F = \mu * N - W * \text{sen} ( \ )$$

$$F = \mu * N - m * g * \text{sen} ( \ ) \dots \dots \textcircled{1}$$

$$F_y = 0$$

$$N - W_y = 0$$

$$N = W_y$$

$$N = W * \text{cos} ( \ )$$

$$N = m * g * \text{cos} ( \ ) \dots \dots \textcircled{2}$$

Reemplazando la ecuación (2) en la ecuación (1)

$$F = \mu * m * g * \cos ( ) - m * g * \sin ( )$$

$$F = m * g * (\mu * \cos ( ) - \sin ( ))$$

$$F = 1510.74 * (0.57 * \cos (6.84^\circ) - \sin (6.84^\circ))$$

$$F = 675.32 \text{ N}$$

### 3.4. ANÁLISIS DE LOS MOTORES DC A UTILIZAR

#### 3.4.1. CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LOS MOTORES DC

Del análisis anterior se tiene que la peor condición corresponde al movimiento de la silla de ruedas, con pendiente ascendente, la fuerza máxima es de 1034.86 N.

Un kilogramo fuerza es el peso de una masa de un kilogramo (masa inercial) en la gravedad terrestre.

$$g = 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$1 \text{ KgFuerza} = 9.8 \text{ N}$$

$$1 \text{ N} = 0.102 \text{ Kg F}$$

$$F = 1034.86 \text{ N}$$

$$F = 1034.86 \times 0.102 \text{ KgF}$$

$$F = 105.55 \text{ KgF}$$

Este es la fuerza de accionamiento de los dos motores.

El motor da la potencia a la silla de ruedas, por tal motivo una buena elección del motor es de gran importancia, ya que de ellos depende la durabilidad y el entorno por donde se pueda desplazar la silla de ruedas.

Para este proyecto vamos a considerar la velocidad máxima de la silla de ruedas de 6 Km/h.

$$\text{Potencia máxima} = \text{Velocidad máxima} \times \text{Fuerza máxima.}$$

$$\text{Potencia máxima} = 1.66 \text{ m/s} \times 105.55 \text{ kgf}$$

$$\text{Potencia máxima} = 175.21 \text{ Watts.}$$

### 3.4.2. CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CADA MOTOR DC

La potencia máxima calculada, corresponde a los dos motores, entonces cada motor consumirá una potencia de 87.61 Watts

$$\text{Potencia del motor} = 87.61 \text{ Watts}$$

$$\text{Potencia del motor} = V \times I.$$

$$I = \text{Potencia del motor} / V$$

$$I = 87.61 \text{ watts} / 12V$$

$$I = 7.3 \text{ A}$$

Para este proyecto se considera un motor DC de 10 A

Los motores para el diseño de este proyecto son de corriente continua de 10 A y 12V.

$$\text{Potencia del motor} = V * I$$

$$\text{Potencia del motor} = 12 \text{ V} * 10 \text{ A} = 120 \text{ Watts}$$

Considerando un 10% de pérdidas que son causados por factores mecánicos de los motores.

La Potencia Máxima de cada motor:  $PMM = 110 \text{ Watts}$

El motor seleccionado es: Motor ElectroCraft MobilePower

Este motor tiene cajas de engranajes y están diseñados para aplicaciones de baja tensión, de alta torsión que se encuentran típicamente en los vehículos con baterías. Combina una precisión de cambio de giro, transfiere un poder suave y silenciosamente a sus ruedas motrices.



Fig. N° 3.20: Motor ElectroCraft MobilePower

Fuente: <http://www.electrocraft.com/products/gearmotors/R-Series/>

### 3.5. SELECCIÓN DE LA BATERÍA

La selección de la batería depende del consumo de corriente de los motores, para ello vamos a calcular la potencia efectiva de los motores.

Sabemos que la Potencia es proporcional a la Fuerza empleada en recorrer una distancia o espacio en un tiempo determinado. Matemáticamente se expresa así:

$$\text{Potencia} = \text{Fuerza} * \text{Espacio/tiempo}$$

En este caso son 2 motores y los valores ya calculados

$$Pe = 2 * Fm * Vm$$

Dónde:

*Pe* = Potencia efectiva de los motores

*Fm* = La fuerza máxima

*Vm* = Velocidad máxima

$$Pe = 2 * 105.5 \text{ Kgf} * 1.66 \text{ m/s}$$

$$Pe = 350.4 \text{ watts}$$

Con la potencia efectiva de los motores se calcula la corriente de consumo de los motores:

$$Pe = V * I_{consumo}$$

$$I_{consumo} = \frac{Pe}{V}$$

$$I_{consumo} = \frac{305.4 \text{ watts}}{12 \text{ V}}$$

$$I_{consumo} = 29.2 \text{ A}$$

Considerando que el tiempo efectivo de movilización del usuario es de 2 horas por día, con esto se calcula la capacidad de la batería.

$$C = I * T$$

*C: Capacidad de la batería expresada en Ah.*

*I: Corriente de descarga expresada en Amperios ( $I_{consumo}$ )*

*T: Tiempo de descarga expresada en horas*

$$C = 29.2 \text{ A} * 2 \text{ h} = 58.4 \text{ Ah}$$

### **3.5.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA BATERÍA**

La principal razón para la selección correcta de una batería es el de que realice un trabajo de manera óptima sin que nos presente problemas en su funcionamiento en poco tiempo. Para lo cual vamos a considerar los siguientes criterios para su selección:

- a) **Voltaje:** Que sea capaz de proporcionar 12 VCC.
- b) **Capacidad Nominal:** que sea mayor a 58.4 Ah.
- c) **Corriente en arranque en frío** (CCA, por sus siglas en ingles). Debe tener la capacidad de arrancar los motores en clima frío a una temperatura de -18° C por treinta segundos.
- d) **Capacidad de reserva RC.** Debe tener el tiempo (en minutos) que la silla de ruedas pueda seguir si el sistema de carga falla. Siempre es preferible una batería con una capacidad de reserva alta. Esta reserva oscila alrededor de los 100 minutos.
- e) **Batería de bajo mantenimiento.** La batería debe ser revisadas su nivel de electrolito y rellenadas de agua cuando se requiera.
- f) **Dimensiones.** Se debe considerar las dimensiones correctas que no quede chica, para que no toquen las terminales con el Chasis de la silla y provoquen un corto o que los cables no alcancen a agarrar las terminales.

Se muestra una tabla de comparación de distintas marcas de baterías

Tabla N° 3.13: Tabla de comparación de distintas marcas de baterías

| MARCA       |       | <b>ETNA</b> | <b>BOSCH</b> | <b>CAPSA</b> | <b>RECORD</b> |
|-------------|-------|-------------|--------------|--------------|---------------|
| MODELO      |       | W11Z        | <b>N50Z</b>  | 24DP         | RFF 60 BD     |
| VOLTAJE     |       | 12 V        | 12 V         | 12 V         | 12 V          |
| CAPACIDAD   |       | 61 Ah       | 60 Ah        | 60 Ah        | 60 Ah         |
| CCA         |       | 406 A       | 500 A        | 500 A        | 385 A         |
| RC          |       | 90 min      | 100 min      | 100 min      | 80 min        |
| DIMENSIONES | Largo | 239 mm      | 260 mm       | 260 mm       | 230 mm        |
|             | ancho | 175 mm      | 173 mm       | 173 mm       | 120 mm        |
|             | alto  | 147 mm      | 222 mm       | 200 mm       | 227 mm        |

Fuente: Elaboración Propia

La batería que cumple este requerimiento es la batería CAPSA 24DP



Fig. N° 3.21: Batería CAPSA 24DP

Fuente: [http://www.todobaterias.pe/baterias\\_capsa.html](http://www.todobaterias.pe/baterias_capsa.html)

### **3.6. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE VOZ**

Del estudio realizado a las principales técnicas utilizadas en el reconocimiento del habla, tales como: algoritmo de audio PCM, LOG PCM, Alineamiento Temporal Dinámico, Modelos ocultos de Markov y Redes Neuronales. Para la selección del sistema de reconocimiento de voz, se tomará en cuenta, aquel que utilice la técnica de los Modelos Ocultos de Markov o un híbrido entre Redes Neuronales y los Modelos Ocultos de Markov y que contenga un algoritmo de audio PCM, LOG PCM.

El módulo de reconocimiento del habla, debe realizar bajo los siguientes lineamientos: el vocabulario es reducido (texto dependiente) y predeterminado; el reconocimiento es dependiente del locutor, pero podría ser independiente del locutor, tomando en cuenta la aplicación que se desea realizar en este proyecto; el reconocimiento del habla es aislada y finalmente debe permitir movilidad.

El diseño que se pretende desarrollar se realizará en base al módulo de reconocimiento de voz AU\_VOI\_REC\_00A, que está basado en el microprocesador SPCE061A, desarrollado por Elechouse. La principal motivación es porque actualmente el módulo de reconocimiento de voz, se encuentra disponible en el mercado (internet) a un precio módico. Este módulo permite desarrollar productos finales embebidos, que no tengan que utilizarse con un ordenador. Por esta razón no fue necesario realizar una comparación con otros equipos de reconocimiento de voz para seleccionar el mejor. Además este módulo de reconocimiento de voz presenta los requerimientos necesarios para desarrollar el diseño del sistema de reconocimiento de voz.



Fig. N° 3.22: Módulo de Reconocimiento de Voz AU\_VOI\_REC\_00A

Fuente: [http://www.elechouse.com/elechouse/index.php?main\\_page=product\\_info&cPath=168\\_170&products\\_id=2151](http://www.elechouse.com/elechouse/index.php?main_page=product_info&cPath=168_170&products_id=2151)

### 3.7. SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR PIC

El diseño de control del sistema, será un microcontrolador que tenga los siguientes módulos internos:

- Conversor analógico – digital: para las entradas del Joystick, entrada del teclado matricial y la detección de la batería baja.
- Generador de PWM: para el control de velocidad de los motores.
- Comunicación serial: el módulo de reconocimiento de voz envía una señal serial asíncrona al microcontrolador, para el control de los motores.
- Manejo de LCD: para visualizar todos los procesos y ajustes del sistema.

El microcontrolador que tiene estos módulos y un puerto para conectar el LCD, es el microcontrolador PIC 16F877A, quien será el cerebro de control del sistema.



Fig. N° 3.23: Microcontrolador PIC 16F877A

Fuente: <http://www.circuitspecialists.com/pic16f877a-ip.html>

### **3.8. SELECCIÓN DEL JOYSTICK**

Además del control por comandos de voz, se incluye el control por medio de un joystick, que gobierne el desplazamiento de la silla (adelante, atrás, derecha, izquierda, pare) esto con el fin de darle versatilidad al sistema de control y una mayor aplicación. Este joystick debe ser de dos ejes que proporcione dos señales analógicas, debe tener un eje de mando para su manipulación y comodidad del usuario. Además de poderse conectar estas señales analógicas a un microcontrolador PIC.

Se ha seleccionado el joystick de 2 ejes #27800, desarrollado por Ingeniería de Microsistemas Programados S.L., que actualmente, se encuentra disponible en el mercado a un precio cómodo. Además tiene todas las características que se necesita para el diseño y no fue necesario realizar una comparación con otros equipos.

#### **3.8.1. CARACTERÍSTICAS DEL JOYSTICK DE 2 EJES [WEB 12]**

Tal y como se muestra en la figura 3.24, el joystick de 2 ejes #27800 Microsystems Engineering se presenta listo para su uso y soldado sobre una pequeña plaquita de circuito impreso. Cabe destacar las siguientes características:

- Distribución de las 8 patillas con paso 2.54, lo que permite insertarlo en placas de prototipos y/o módulos board para su uso.
- Dos potenciómetros independientes con GND común
- En reposo, sin accionar, retorno automático a la posición central.
- Eje con un cómodo mando para su manipulación
- Se puede conectar con las entradas analógicas de cualquier controlador: PIC, Basic Stamp, ATMEL, Arduino, etc.



Fig. 3.24: El joystick de 2 ejes #27800

Fuente: <http://www.msebilbao.com/notas/downloads/Joystick%20de%20%20ejes%2027800.pdf>

### 3.9. SELECCIÓN DE LA ETAPA DE POTENCIA PARA LOS MOTORES

Para la etapa de potencia deben estar formadas por dispositivos MOSFET, también denominados MOSFET de potencia, que son capaces de conmutar rápidamente señales a grandes intensidades. Esta etapa de potencia con MOSFET debe tener una entrada PWM para lograr una mayor eficiencia.

El diseño a desarrollar se realizará en base dos módulos de potencia IFI VEX Pro Victor884, que está basado por arrays de MOSFET, desarrollado por robot market place. El Victor 884 es un regulador de velocidad eficiente con una capacidad de 40A. Por esta razón no fue necesario realizar una comparación con otros módulos de potencia para seleccionar el mejor. Además este módulo de potencia presenta los requerimientos necesarios para controlar los motores de la silla de ruedas.

El control de velocidad de los motores se realiza por medios de la señal PWM, cuyo rango muerto es de aproximadamente de 117 a 137 (127 en el centro). Cualquier señal PWM que sea en el rango muerto hará que el motor se mantenga estático.

La innovadora arquitectura de conmutación FET y un ventilador de refrigeración integrado, garantiza bajas temperaturas de unión FET. La caída de tensión baja y alta velocidad de conmutación asegura que el motor recibe la máxima potencia, ofreciendo mejoras significativas en la aceleración y cambios de dirección [WEB 13].

### 3.9.1. CARACTERÍSTICAS DEL IFI VEX PRO VICTOR 884

Las características del controlador de velocidad son las siguientes:

- Señal de control Estándar: R/P tipo PWM (Pulse Width Modulation) de un solo canal.
- Tensión de funcionamiento: 6V a 15V
- Corriente máxima: 40 A.
- Tipo de señal del conector: Use un nivel no cubierto PWM cable (3 hilos)
- Aplicación típica: Poder de un motor de velocidad variable adelante, atrás, dentro o fuera.
- Peso: 0,25 libras (4 onzas)



Fig. N° 3.25: Modulo de Potencia IFI vex pro Victor 884

Fuente: <http://www.robotmarketplace.com/products/IFI-V884.html>

## **CAPÍTULO IV**

### **DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL**

## **4.1. DISEÑO DE HARDWARE DE CONTROL**

Esta etapa consta de un hardware, cuyo diseño está compuesto por una tarjeta electrónica, encargada de conectar todos los elementos que forman parte del circuito de control y los dispositivos de control externos, con las respectivas interfaces asociadas a cada uno de ellos. Estos dispositivos externos están compuestos por un mando manual, un teclado matricial, el circuito de reconocimiento de voz, fuente de alimentación y entre otros.

### **4.1.1 DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL**

En esta parte se describe la estructura que forma parte del circuito de control. Para el circuito de control se seleccionó el microcontrolador PIC 16F877A, el cual es el cerebro total del control.

El microcontrolador PIC 16F877A realiza las siguientes funciones:

1. Permite realizar el desplazamiento de la silla de ruedas, adelante, atrás, izquierda o derecha.
2. Permite el modo de funcionamiento: Modo manual, Modo por voz o Modo de configuración.
3. Recibe las dos señales analógicas del joystick de 2 ejes #27800 Microsystems Engineering y este le convierte a señal digital.
4. Envía señales PWM hacia las etapas de potencia IFI VEX Pro Victor 884, para realizar el control de los motores.
5. Se encarga de ejecutar las órdenes hexadecimales que provienen del Módulo de reconocimiento de voz AU\_VOI\_REC\_00A.
6. Permite conocer el estado de la batería, si se encuentra cargada o descargada, si esta descargada este se encarga de cargarlo.
7. Recibe las señales provenientes de un teclado matricial 4x4 analógico y este la convierte en señal digital.

8. Se visualiza la velocidad y los estados a través de una pantalla LCD.
9. Emite un sonido a través de una bocina.
10. Emite señal a los LED indicadores.

La distribución de pines del Microcontrolador PIC16F877A se muestra en la Figura

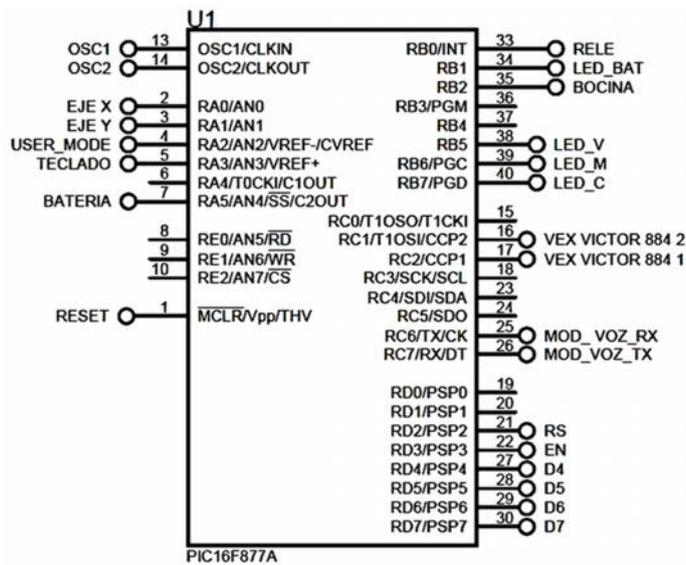


Fig. N° 4.1. Detalle de conexión de los pines del Microcontrolador PIC 16F877A.

Fuente: <http://pic-world-resource.blogspot.com/>

#### 4.1.2. DISEÑO DEL CIRCUITO DE RESET Y OSCILADOR DEL MICROCONTROLADOR PIC

El circuito de Reset, sirve para reiniciar al microcontrolador PIC16F877A a su estado inicial. Se debe tener cuidado que el microcontrolador no reciba más de 25 mA como corriente de ingreso o salida por cualquiera de sus pines.

El microcontrolador PIC16F877A necesita un oscilador para su funcionamiento que se conecta a GND con capacitores.

- El fabricante recomienda capacitores de 15 a 33 pF. Para este proyecto utilizaremos capacitor de 22pF.
- Para la resistencia  $R_{MCLR}$  el fabricante recomienda valores menores a 40K . Se utiliza resistencia  $R_{MCLR} = 10K$  .
- Se utiliza un capacitor de 1uF para eliminar los rebotes producidos por el pulsador

En la Figura 4.2 se indica el circuito diseñado.

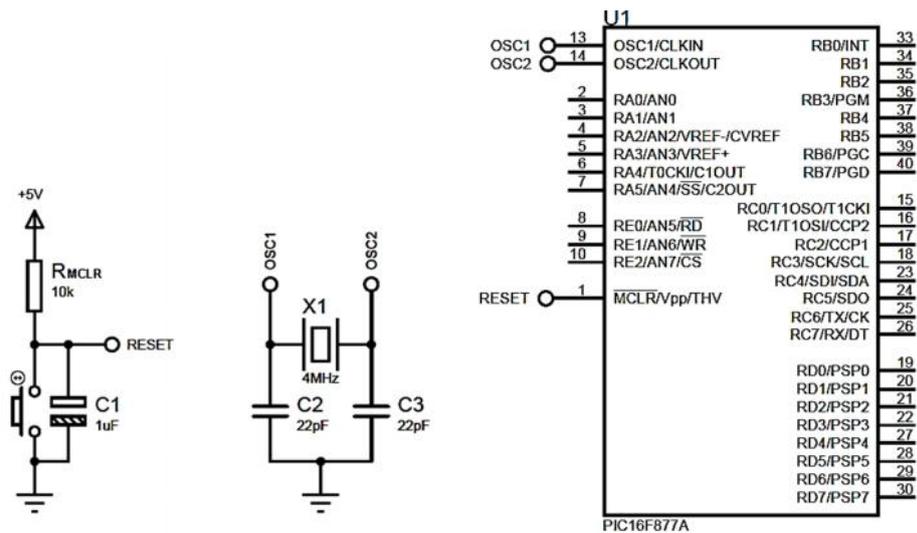


Fig. 4.2. Circuito Reset y Oscilador del Microcontrolador PIC16F877A

Fuente: <http://pic-world-resource.blogspot.com/>

### 4.1.3. DISEÑO DEL CIRCUITO DEL TECLADO MATRICIAL

Se requiere de un teclado matricial de 4 x 4 teclas mediante un único pin del microcontrolador, para ello se debe emplear la suma de resistencias en serie, divisor de tensión y conversión Analógico-Digital del microcontrolador.

Tradicionalmente se ha conectado un teclado de estos a un microcontrolador usando 8 pines de éste, 4 para las filas y 4 para las columnas y se leían poniendo en alto las filas, o las columnas, y leyendo las columnas, o las filas, para detectar qué tecla se había pulsado. Esta técnica es muy fácil de implementar pero tiene el costo de usar muchos pines del microcontrolador.

Haciendo uso de un solo pin del microcontrolador, pero que tenga la especial función de Conversor Analógico a Digital. Para ello tenemos que conseguir que al pulsar cada una de las teclas obtengamos un voltaje distinto en una única línea. Leyendo este voltaje con el Conversor AD del microcontrolador podemos llegar a saber qué tecla es la que se ha pulsado.

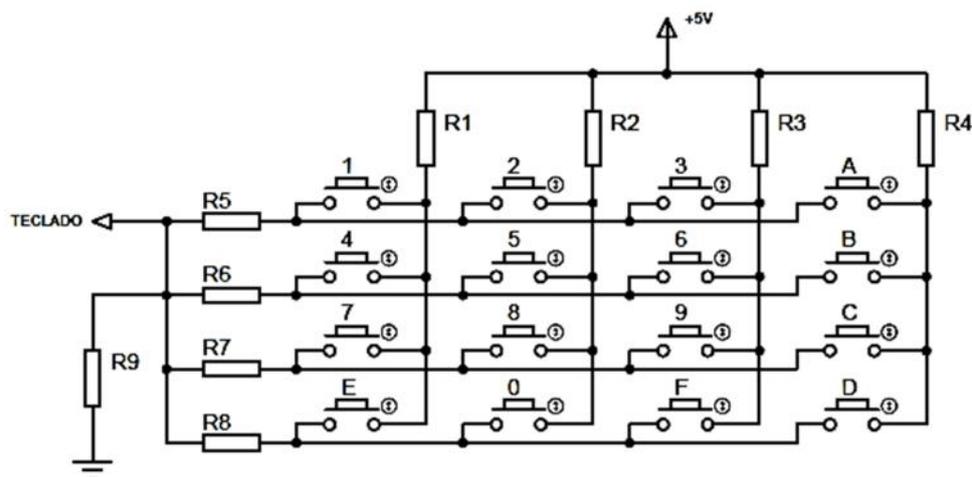


Fig. N° 4.3. Teclado matricial de 4 x 4 analógico.

Fuente: [http://picmania.garcia-cuervo.net/proyectos\\_analog\\_keyboard.php](http://picmania.garcia-cuervo.net/proyectos_analog_keyboard.php)

En la figura 4.3 se muestra las colocaciones de las resistencias y el pin llamado “teclado” que se va a conectar al Microcontrolador PIC 16F877A. Cuando se pulsa la tecla “1” el voltaje +5V llega al Microcontrolador, por medio de las resistencias R1+R5. Si por el contrario pulsamos la tecla “D” la corriente que llega al PIC 16F877A a través de la unión entre las resistencias R4+R8. Siempre que pulsemos una tecla cualquiera obtendremos un voltaje de caída entre la suma de dos resistencias  $R_{columna} + R_{fila}$

Para evitar que la entrada ADC del microcontrolador no quede al aire y por ello realice lecturas de ruido o lecturas falsas, se coloca una resistencia R9 de 1k , la cual servirá para mantener una conexión a GND, cuando ninguna tecla sea presiona.

Esta configuración es lo que conocemos como Divisor de Tensión, en la que tenemos una resistencia conectada a VDD y otra a GND, la unión que hay entre las resistencias, se obtiene el valor de voltaje de salida, este voltaje de salida se va a conectar al Pin del Microcontrolador, como el microcontrolador tiene una alta impedancia en sus puertos, no afectaría ni alteraría casi en nada el valor de voltaje de salida del divisor de tensión.

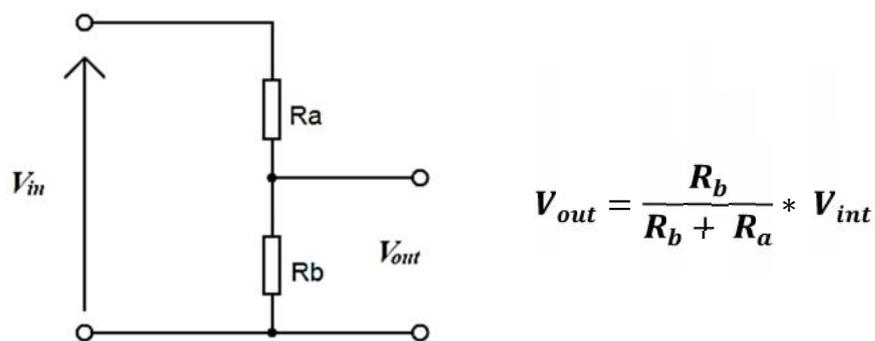


Fig. N° 4.4. Divisor de Tensión del teclado matricial

Fuente: [http://picmania.garcia-cuervo.net/proyectos\\_analog\\_keyboard.php](http://picmania.garcia-cuervo.net/proyectos_analog_keyboard.php)

Este divisor de tensión en el que tenemos un  $V_{in}$  y un  $V_{out}$ , que se puede calcular mediante la fórmula que aparece en la figura 4.4.

La Resistencia Ra del divisor de tensión, viene hacer en nuestro circuito de teclado matricial,  $R_{columna} + R_{fila}$  o sea, la suma de las dos resistencias correspondientes al pulsar una tecla, y Rb es la resistencia R9 del teclado. Como sabemos que:

$$Ra = R_c + R_f$$

El voltaje  $V_{in}$  es 5V podemos reemplazar:

$$V_{out} = \frac{R_9}{R_9 + R_c + R_f} * 5V$$

Con esta fórmula, tendremos un valor de  $V_{out}$  para cada pareja de resistencias  $R_c + R_f$ .

Con esta información se ha construido una tabla Excel en la que se ha puesto primero la tabla de resistencias de columnas, filas y las distintas sumas de cada una de ellas. Después otra con los distintos voltajes que se generan en el divisor de tensión con cada una de las parejas anteriores. Y por último otra tabla en la que hago corresponder cada uno de estos voltajes con el valor de la conversión AD del Microcontrolador con precisión de 10 bits (1024  $\rightarrow$  5V lo que  $V_{out}$  es a X)

Los valores tomados en la tabla de resistencia se han considerado por motivos prácticos valores comerciales.

Tabla N° 4.1: Tabla de resistencias de columnas y filas

| Rserie[Ω]: | CUADRO DE RESISTENCIAS[Ω]: |     |     |     |      |
|------------|----------------------------|-----|-----|-----|------|
| 1000       | F/C                        | 0   | 330 | 630 | 1000 |
|            | 68                         | 68  | 398 | 698 | 1068 |
|            | 100                        | 100 | 430 | 730 | 1100 |
|            | 220                        | 220 | 550 | 850 | 1220 |
|            | 330                        | 330 | 660 | 960 | 1330 |

| Vin [V]: | CUADRO DE VOLTAJES[V]: |       |       |       |       |
|----------|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 5        | F/C                    | 0     | 330   | 630   | 1000  |
|          | 68                     | 4.682 | 3.577 | 2.945 | 2.418 |
|          | 100                    | 4.545 | 3.497 | 2.89  | 2.381 |
|          | 220                    | 4.098 | 3.226 | 2.703 | 2.252 |
|          | 330                    | 3.759 | 3.012 | 2.551 | 2.146 |

| Rez: | RESOLUCIÓN: |       |       |       |       |
|------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| 1024 | F/C         | C1    | C2    | C3    | C4    |
|      | F1          | 958.8 | 732.5 | 603.1 | 495.2 |
|      | F2          | 930.9 | 716.1 | 591.9 | 487.6 |
|      | F3          | 839.3 | 660.6 | 553.5 | 461.3 |
|      | F4          | 769.9 | 616.9 | 522.4 | 439.5 |

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.5 se indica el circuito diseñado del teclado matricial analógico.

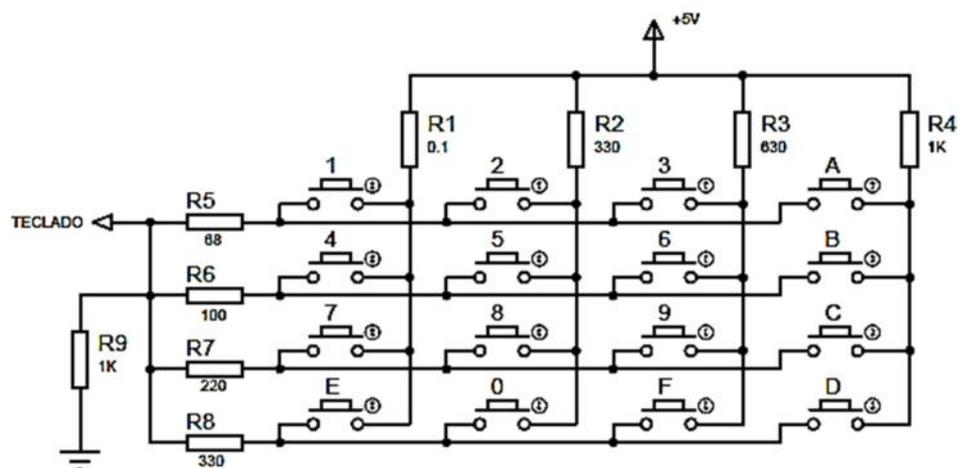


Fig. N° 4.5. Teclado matricial de 4 x 4 analógico diseñado.

Fuente: [http://picmania.garcia-cuervo.net/proyectos\\_analog\\_keyboard.php](http://picmania.garcia-cuervo.net/proyectos_analog_keyboard.php)

#### 4.1.4. DISEÑO DEL CIRCUITO DEL LCD

En la Figura 4.6 nos muestra la conexión del LCD en modo de 4 bits y utiliza 6 pines del microcontrolador PIC 16F877A, con el LCD podemos visualizar todos los procesos y ajustes del sistema.

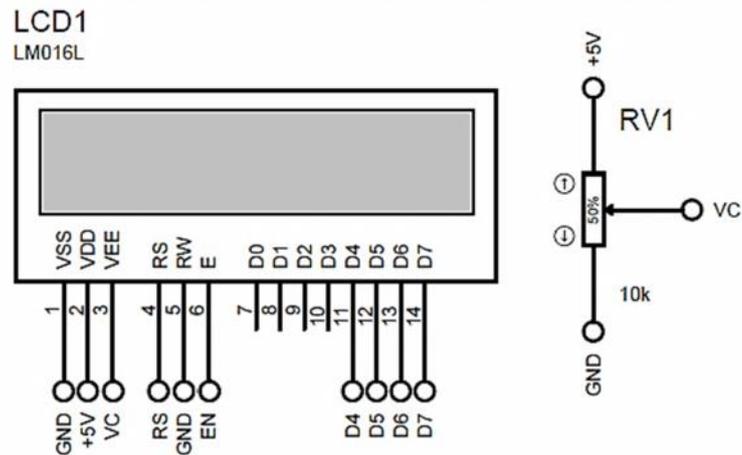


Fig. N° 4.6. Diseño del circuito del LCD

Fuente: <http://www.programarpicenc.com/libro/cap03-display-lcd-16x2-2x16-hd44780-mikroc-pro.html>

#### 4.1.5. CIRCUITO SELECTOR DEL MODO DE OPERACIÓN DE LA SILLA DE RUEDAS

El sistema que se ha desarrollado, tiene tres modos de operación: modo Manual, modo por control por Voz y modo de Configuración.

Para seleccionar cualquiera de estos modos se utiliza un selector de tres posiciones. Por defecto se encuentra en modo Manual y en cualquiera de las dos posiciones se pasa a modo por control por Voz o modo de Configuración. En la Figura 4.6 se indica el selector de operación.

El selector diseñado es de tipo analógico, las señales llegarán mediante un único pin del microcontrolador, para ello se debe emplear un divisor de tensión y conversión Analógico-Digital del microcontrolador.

Para determinar el valor de las resistencias de R10, R11 y R12, se tomó en cuenta los 5V divididos entre 3, por los tres modos de operación. Los voltajes obtenidos son de 1.66V, 3.33V y 4.99V. Con estos valores de voltaje y usando el divisor de tensión, calculamos el valor de cada resistencia. El valor de la resistencia R13 es de 10K por ser una resistencia de pull-down y para mantener un nivel máximo de corriente.

La ecuación de divisor de tensión es la siguiente:

$$V_{out} = \frac{R13}{R13 + Ra} * 5V$$

Dónde:

$$R13=10K$$

$$Ra=R10 \text{ o } R11 \text{ o } R12.$$

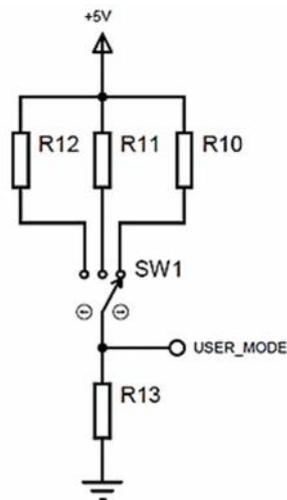


Fig. N° 4.7. Circuito Modo de Operación

Fuente: Elaboración propia

**a) Cálculo de  $R_{10}$**

$$R_{10} = \frac{R_{13} (5V - V_{out})}{V_{out}}$$

Como la resistencia  $R_{13}$  es de  $10k$  y  $V_{out} = 1.66V$

$$R_{10} = \frac{10k\Omega (5V - 1.66V)}{1.66V}$$

$$R_{10} = 20.12K\Omega$$

Por motivos prácticos y comerciales se utiliza  $R_{10} = 20K\Omega$ , con este valor calculamos  $V_{out}$ :

$$V_{out} = \frac{10k\Omega}{10k\Omega + 20k\Omega} * 5V$$

$$V_{out} = 1.66V$$

**b) Cálculo de  $R_{11}$**

$$R_{11} = \frac{R_{13} (5V - V_{out})}{V_{out}}$$

Como la resistencia  $R_{13}$  es de  $10k$  y  $V_{out} = 3.33V$

$$R_{11} = \frac{10K\Omega (5V - 3.33V)}{3.33V}$$

$$R_{11} = 5K\Omega$$

Por motivos prácticos y comerciales se utiliza  $R_{11} = 4.7K\Omega$ , con este valor calculamos  $V_{out}$ :

$$V_{out} = \frac{10k\Omega}{10k\Omega + 4.7k\Omega} * 5V$$

$$V_{out} = 3.4 V$$

**c) Cálculo de  $R_{12}$**

$$R_{12} = \frac{R_{13} (5V - V_{out})}{V_{out}}$$

Como la resistencia  $R_{13}$  es de  $10k$  y  $V_{out} = 4.99V$

$$R_{12} = \frac{10K\Omega (5V - 4.99V)}{4.99V}$$

$$R_{12} = 20\Omega$$

Por motivos prácticos y comerciales se utiliza  $R_{12} = 47\Omega$ , con este valor calculamos  $V_{out}$ :

$$V_{out} = \frac{10k\Omega}{10k\Omega + 47\Omega} * 5V$$

$$V_{out} = 4.97 V$$

En la Figura 4.8 se indica el circuito diseñado del teclado matricial.

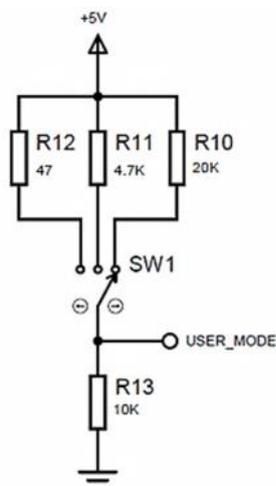


Fig. N° 4.8. Circuito Modo de Operación diseñado

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.6. CIRCUITO DETECTOR DE BATERÍA BAJA Y BATERÍA CARGADA.

Una batería se considera descargada cuando entre sus bornes tiene 10.5V y se considera cargada cuando entre sus bornes mide 13.5V.

Para este circuito se diseñó un divisor de tensión, que me proporcione un rango de voltaje cuando este cargado y descargado, esté voltaje está conectado al microcontrolador PIC 16F877A a través del pin AN4, quien va a realizar la lectura analógica de voltaje.

El voltaje de salida que ingresa al microcontrolador es de 5V, si este voltaje baja nos indica que la batería este descargada.

$$V_o = \frac{R_b}{R_b + R_a} * V_{BAT}$$

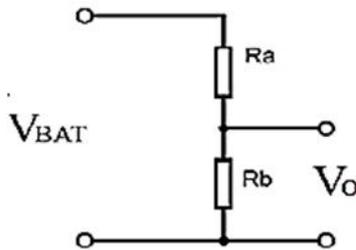


Fig. N° 4.9. Divisor de Tensión para batería baja o cargada

Fuente: <http://www.hispavila.com/3ds/tutores/divstension.html>

#### 4.1.6.1. CALCULO DE VOLTAJE DE REFERENCIA A BATERÍA CARGADA.

Cuando la batería está cargada los valores de voltaje y resistencia a considerar son:

$$V_{BAT} = 13.5 \text{ V}$$

$$V_{REF} = 5\text{V}$$

$$R_b = 10\text{k}$$

El valor de la resistencia  $R_b$  se ha considerado de 10k por ser una resistencia de pull - down y mantener un nivel máximo de corriente.

Despejando el valor de  $R_a$  del divisor de tensión, la ecuación es la siguiente:

$$R_a = \frac{R_b(V_{BAT} - V_{REF})}{V_{REF}}$$

Reemplazando los valores:

$$R_a = \frac{10\text{K}\Omega (13.5\text{V} - 5\text{V})}{5\text{V}}$$

$$R_a = 17K\Omega$$

Por motivos prácticos y comerciales se utiliza  $R_a = 18K\Omega$  , con este valor el  $V_o$  es:

$$V_o = \frac{10k\Omega}{10k\Omega + 18k\Omega} * 13.5V$$

$$V_o = 4.82V$$

Este voltaje, nos indica que la batería se encuentra cargada.

#### **4.1.6.2. CALCULO DE VOLTAJE DE REFERENCIA A BATERÍA DESCARGADA.**

Cuando la batería está descargada los valores de voltaje y resistencias a considerar son:

$$V_{BAT} = 10.5 V$$

$$R_b = 10k$$

$$R_a = 18k \Omega$$

$$V_o = \frac{R_b}{R_b + R_a} * V_{BAT}$$

Reemplazando los valores:

$$V_o = \frac{10k\Omega}{10k\Omega + 18k\Omega} * 10.5V$$

$$V_o = 3.75V$$

Este voltaje, nos indica que la batería se encuentra descargada.

En la Figura 4.10 se indica el circuito diseñado del voltaje de batería.

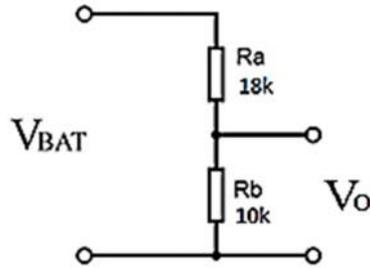


Fig. N° 4.10. Divisor de Tensión Diseñado

Fuente: <http://www.hispavila.com/3ds/tutores/divstension.html>

### 4.1.7. CIRCUITO CARGADOR AUTOMÁTICO DE BATERÍA

Para cargar la batería se toma un tiempo estimado de 8 a 10 horas, tiempo en el que el usuario descansa. Para esto se implementó el circuito de la Figura 4.11.

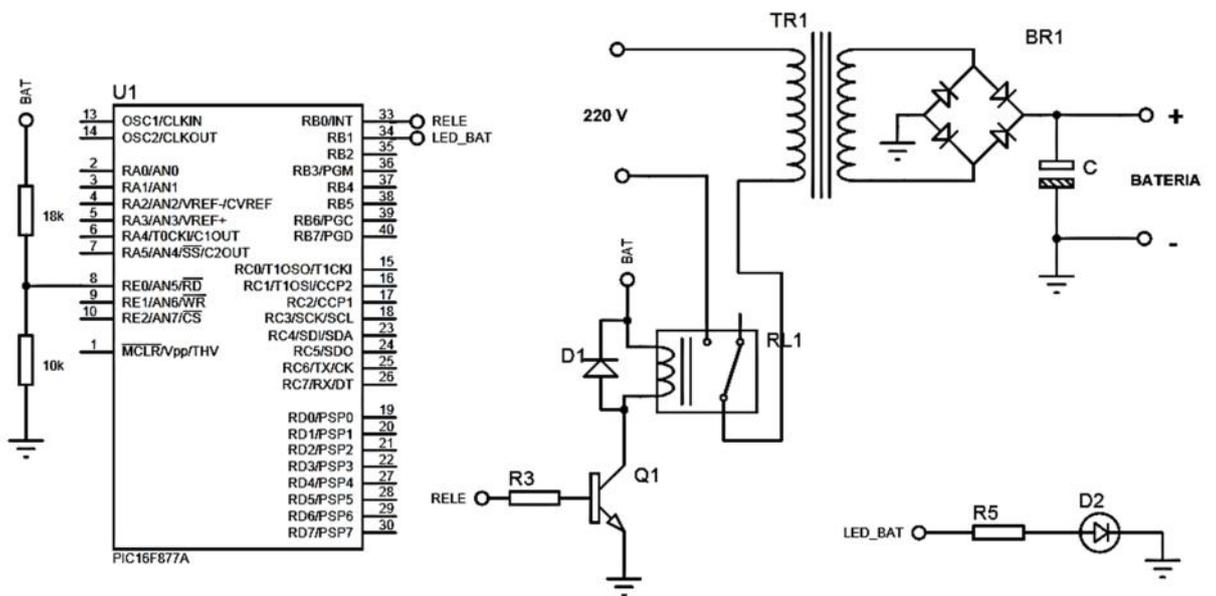


Fig. N° 4.11. Circuito cargador automático de batería

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.7.1. CALCULO DEL CONTROL DEL RELÉ

El control del relé se lo realiza a través del pin de salida RB0 del microcontrolador PIC 16F877A.

La corriente de excitación, que circula por la bobina, necesaria para activar el relé. Se encuentra en un rango de 10 mA a 100 mA.

Tensión nominal para la cual el relé se activa. Se encuentra en rangos específicos de 6 – 12 – 24 volts.

Para el diseño se va a considerar la corriente máxima de Relé de 100 mA y el voltaje de trabajo de 12V que es el voltaje de batería.

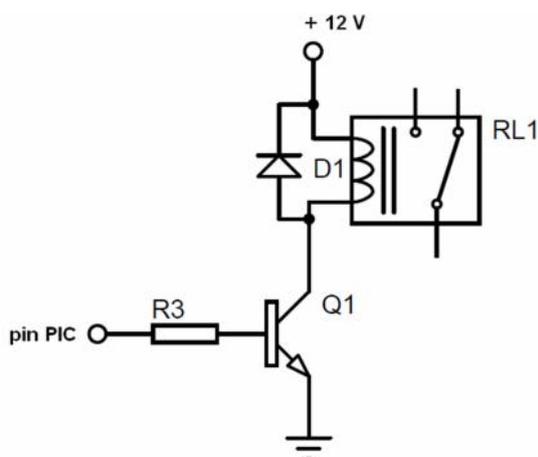


Fig. N° 4.12. Circuito de Control de Relé

Fuente: <http://picmind.es.tl/Manejo-de-Cargas-Grandes-con-PIC.htm>

Para la activación del relé se utiliza transistor 2N3904 que tiene una máxima corriente continua de colector del transistor ( $I_c \text{ max}$ ): 200mA.

Si la  $I_c$  es 100 mA, según su Datasheet su  $h_{fe}$  es de 30.

Para el cálculo de R3 (resistencia de corte y saturación del transistor Q1 para activar la bobina del relé) se tiene:

$$I_c = \beta * I_b$$

$$I_b = \frac{I_c}{\beta} = \frac{100mA}{30} = 3.33mA$$

Pero para asegurarnos que el transistor va a conmutar (va a entrar en saturación) vamos a hacer que este suministro alcance  $I_b = 5 \text{ mA}$  y  $V_{be} = 0.95V$ , como indica el Datasheet de este transistor.

$$R_3 = \frac{V_{PIC} - V_{be}}{I_b}$$

$$R_3 = \frac{5V - 0.95V}{5mA} = 810\Omega$$

Por motivos prácticos y comerciales se utiliza  $R_3 = 1K$ , con este valor calculamos  $I_b$ .

$$I_b = \frac{V_{PIC} - V_{be}}{R_3} = \frac{5V - 0.95V}{1K\Omega} = 4.05mA$$

$$I_c = \beta * I_b = 30 * 4.05mA = 121.5mA$$

Con estas corrientes es suficiente para que el transistor 2N3904 funcione como conmutador.

### 4.1.7.2. CALCULO DEL CARGADOR DE BATERÍA

El transformador es con armadura con un primario independiente del secundario. El secundario, debe dar en vacío una tensión de 10 V, por lo que se pretende es cargar baterías de 12V, ya que una vez rectificadas y filtradas nos dará una tensión con un margen de entre 13.8V y 14.4V, que entra dentro de los parámetros de la mayoría de los fabricantes de baterías y una corriente de secundario de 10 amperios.

#### A. Calculo del transformador

##### ➔ Corriente del primario

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$
$$I_1 = \frac{I_2 * V_2}{V_1} = \frac{10A * 10V}{220V} = 0.45A$$

##### ➔ Potencia del transformador

$$P = V_2 * I_2 = 10V * 10A = 100 VA$$

#### B. Rectificador

Se va a utilizar un rectificador tipo puente, con una fuente de alimentación de 12V y 10A en el secundario, necesitaremos un puente rectificador que soporten al menos 10 amperio y 12V, siempre intentando dejar un margen de al menos un 30%, lo que quiere decir que necesitaríamos uno de 13A y 15,6V (este valor de corriente posiblemente no lo encontremos en el mercado), entonces utilizaremos un diodo puente de 15 A.

### C. Filtro

Se quiere ajustar el valor del condensador al menor posible esta fórmula dará el valor del condensador para que el rizado sea de un 10% de  $V_o$  (regla del 10%):

$$C = \frac{5 * I}{f * V_{max}}$$

Dónde:

C: Capacidad del condensador del filtro en faradios

I: Corriente que suministrará la fuente

f: frecuencia de la red

$V_{max}$ : tensión de pico de salida del puente (aproximadamente  $V_o$ )

Calculamos la  $V_{max}$  de salida del puente rectificador teniendo en cuenta la caída de tensión en los diodos.

$$V_{max} = 10 * 1.4142 - 2 = 12.14 V$$

Esta será aproximadamente la tensión de salida de la fuente.

Calculamos el valor del condensador según la fórmula del 10%, la I es de 10A la f es 60 Hz y la  $V_{max}$  es 12,14 V:

$$C = \frac{5 * 10A}{60Hz * 12.14V} = 0.068643F$$

$$C = 68643 \mu F$$

Utilizaremos 4 condensadores de 15000  $\mu F$  /25V en paralelo.

### 4.1.7.3. CALCULO DE LA RESISTENCIA LIMITADORA DEL LED

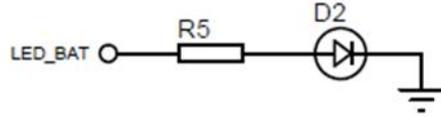


Fig. 4.13: LED indicador de batería baja

Fuente: [http://www.sharatronica.com/formulas\\_para\\_led.html](http://www.sharatronica.com/formulas_para_led.html)

$$R5 = \frac{V_{PIC} - V_{LED}}{I_{LED}}$$

$$R5 = \frac{5 - 2}{10mA} = 300\Omega$$

Por motivos prácticos y comerciales se utiliza  $R5=330$

En la Figura 4.14 se indica el circuito diseñado

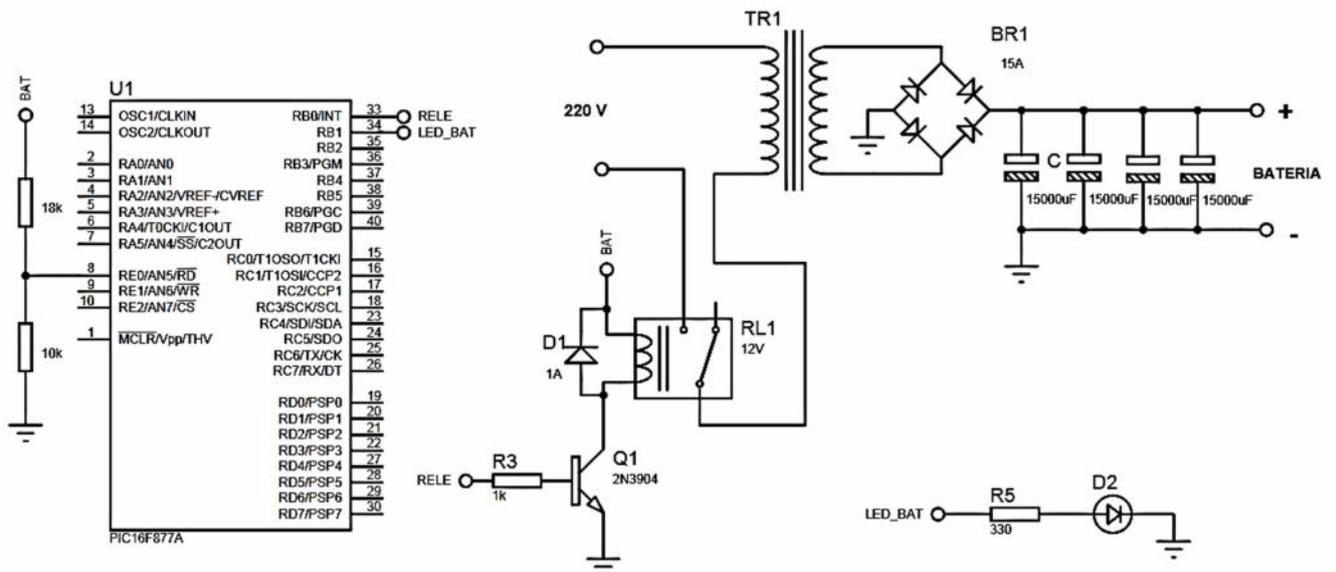


Fig. N° 4.14: Circuito cargador automático de batería

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.8. CIRCUITO DE AVISO

Se diseñó un circuito (Figura 4.15) que da un aviso de cuando la batería esta baja.

Para la activación del parlante se utiliza transistor 2N3904 que tiene una máxima corriente continua de colector del transistor ( $I_c$  max): 200 mA. Si la  $I_c$  es 120 mA, según su Datasheet su  $h_{fe}$  es de 30.

Para el cálculo de R20 (resistencia de corte y saturación del transistor Q1 para activar la bocina) se tiene:

$$I_c = \beta * I_b$$

$$I_b = \frac{I_c}{\beta} = \frac{120mA}{30} = 4 mA$$

El  $V_{be} = 0.95V$ , como indica el Datasheet de este transistor.

$$R_3 = \frac{V_{PIC} - V_{be}}{I_b}$$

$$R_3 = \frac{5V - 0.95V}{4mA} = 1012\Omega$$

Por motivos prácticos y comerciales se utiliza  $R_{20} = 1K$

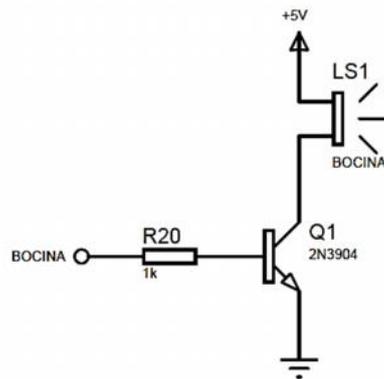


Fig. N° 4.15. Circuito Bocina Diseñado

Fuente: <http://elasticsheep.com/2009/10/driving-a-buzzer/>

#### 4.1.9. DISEÑO DEL INTERFAZ DE USUARIO

La siguiente figura muestra el diseño de la interfaz de usuario, donde se incluyen el teclado matricial, el LCD, el Joystick, selector modo de operación y los LED indicadores.



Fig. 4.16. Interfaz de usuario

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.10. DISEÑO DE LA FUENTE DE PODER

La principal fuente de alimentación es la batería de 12 V, que sirve para el accionamiento de los motores de DC y alimentar el circuito de control.

El circuito de control, está constituido por un microcontrolador PIC 16F877A, el cual, necesita un voltaje de alimentación de 5V.

Se diseñó una fuente de alimentación de 5 V, para el cerebro total del control y la misma fuente de alimentación, para alimentar el módulo de reconocimiento de voz.

Diseñaremos una fuente regulada, que entrega en sus bornes de salida un voltaje constante de 5 Voltios, independiente de las variaciones en la línea de alimentación y en la carga. Para este diseño se utilizará el regulador LM7805, con una corriente de salida máxima de 1 Amperio.

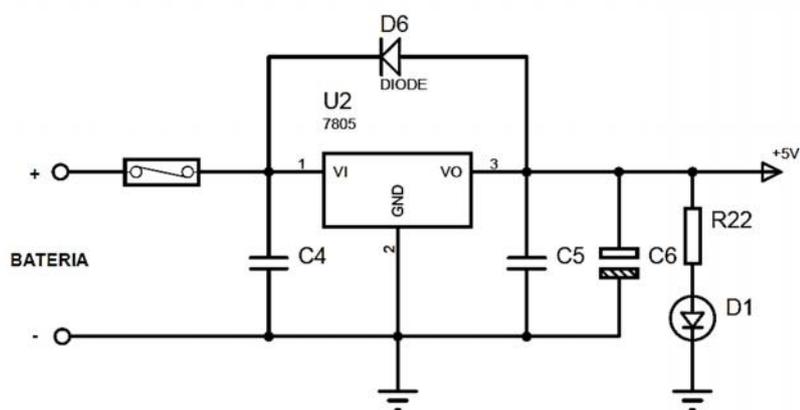


Fig. N° 4.17. Conexión del regulador 7805

Fuente: [http://www.mcbtec.com/fuentes\\_lineales.htm](http://www.mcbtec.com/fuentes_lineales.htm)

El diodo D1 se utiliza para evitar que el L7805 se polarice en inversa y pueda sufrir algún daño, el valor de este diodo debe ser de 1 Amperio, por lo tanto se considera el 1N4001.

La función de los condensadores C4 y C5 es para mejorar la estabilidad del regulador así como su respuesta a los transitorios, mientras C6 actúa como el “parachoques” local (La reserva de energía) para la carga conectada. Los condensadores C4 y C5 se deben conectar directamente a la entrada y la salida del regulador. C6 debe colocarse lo más cercano a la carga que fuera posible. En la práctica, un valor de 0.1 uF tanto para C4 como para C5 trabaja bien. El valor de C6 electrolítico no es realmente crítico y por lo general varía entre 10 uF y 47 uF, para ese diseño se tomó el valor de 22 uF.

El fusible F1 es de 1 Amperio, para limitar el consumo.

La resistencia R1 sirve para limitar la corriente del LED, si la corriente del LED es de 10mA entonces el valor de R1 será:

$$R1 = \frac{5V - 2V}{10mA}$$

$$R1 = 300\Omega$$

Por motivos prácticos y comerciales se utiliza  $R1 = 330\Omega$ .

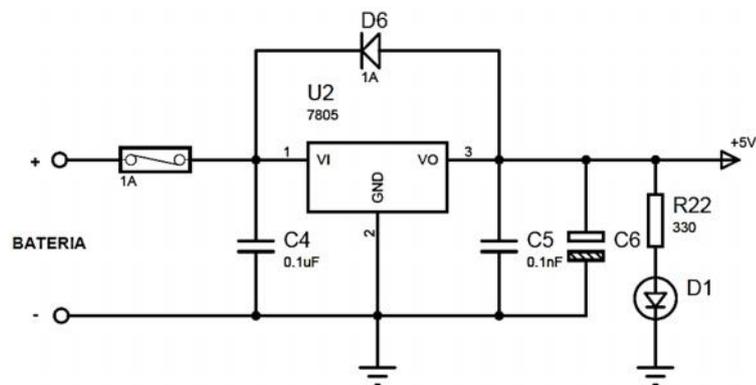


Fig. N° 4.18. Fuente Regulada de 5V

Fuente: [http://www.mcbtec.com/fuentes\\_lineales.htm](http://www.mcbtec.com/fuentes_lineales.htm)

#### **4.1.11. HARDWARE DEL SISTEMA DE CONTROL.**

El circuito del sistema de reconocimiento de voz se muestra en la Figura 4.19.

Fig. N° 4.19. Hardware del sistema de control

Fuente: Elaboración propia

### 3D VISUALIZACIÓN

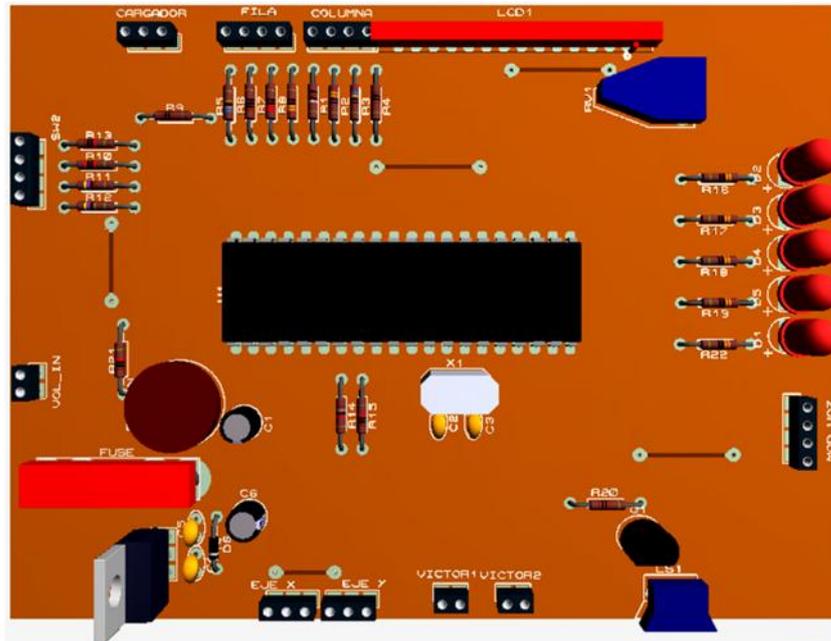


Fig. N° 4.20. Visualización 3D de la tarjeta de control

Fuente: Elaboración propia

### CIRCUITO IMPRESO

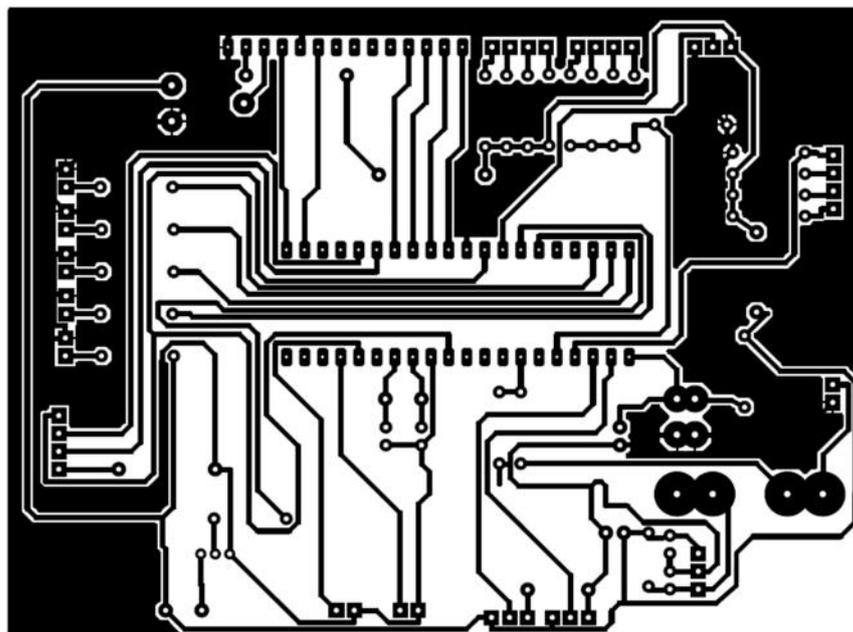


Fig. N° 4.21. Circuito impreso de la tarjeta de control

Fuente: Elaboración propia



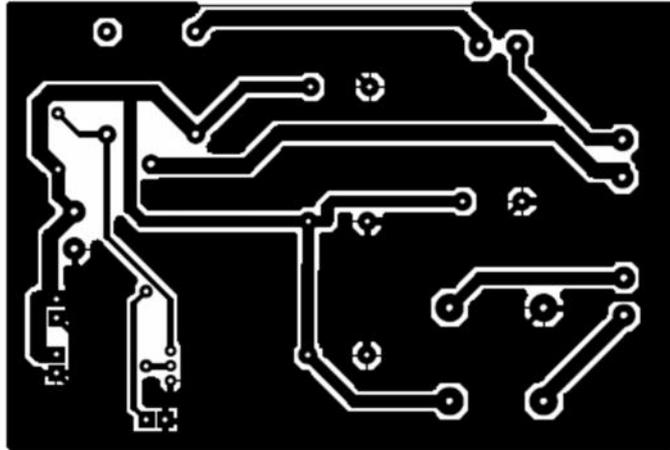


Fig. N° 4.24. Circuito impreso del cargador de batería

Fuente: Elaboración propia

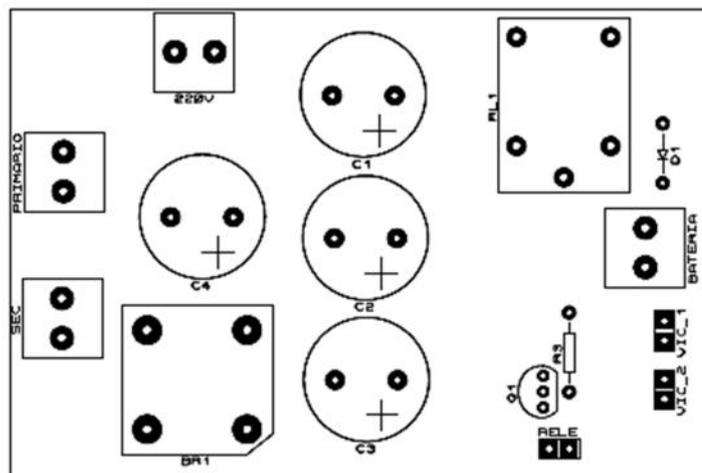


Fig. 4.25. Ubicación de los dispositivos del cargador de batería

Fuente: Elaboración propia

## 4.2. DISEÑO DE SOFTWARE DE CONTROL

En este capítulo se detallan sobre el desarrollo del programa del Microcontroladores PIC16F877A, es fácil programar, gran capacidad de procesamiento, entre las principales características.

El Controlador Integrado Programable, Microcontrolador PIC16F877A fue programado para que realice todas las acciones de control como son: Control de sentido de giro de los motores, selección de la velocidad de los motores, selección del modo de funcionamiento: modo Manual, modo por voz, modo Selección de Configuración, visualización de cada uno de los eventos en los cuales se encuentra la silla de ruedas, la comunicación con el módulo de reconocimiento de voz en forma serial, entre otras que serán explicadas más adelante.

### 4.2.1. CONTROLADOR INTEGRADO PROGRAMABLE PIC

En la Figura N° 4.26 se muestra la distribución de pines del microcontrolador PIC 16F877A.

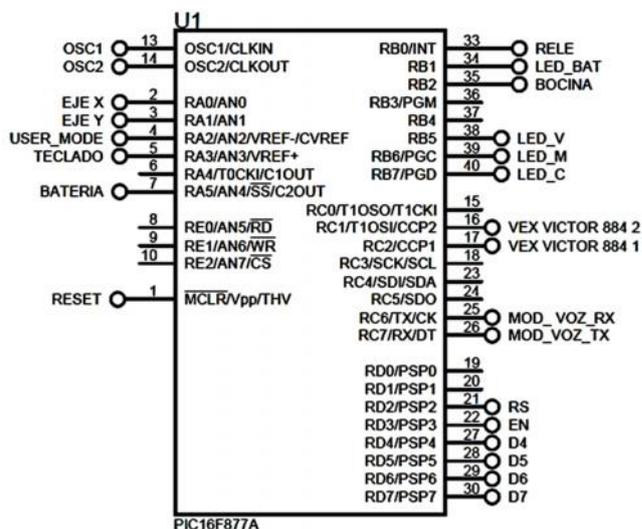


Fig. N° 4.26. Distribución de pines del Microcontrolador PIC 16F877A

Fuente: <http://pic-world-resource.blogspot.com/>

El microcontrolador PIC 16F877A viene hacer el cerebro del control del sistema y tiene las siguientes funciones:

- Conversor analógico – digital: para las entradas del Joystick, entrada del teclado matricial, detección de la batería baja y cargar la batería.
- Generar un tren de pulsos modulado PWM: para controlar la velocidad de los motores por medio de la etapa de potencia, IFI VEX Pro Victor884.
- Comunicación serial: recibir las señales del módulo de reconocimiento de voz AU\_VOI\_REC\_00A.
- Manejo de LCD: para visualizar todos los procesos y ajustes del sistema.

El software que se va a utilizar para la programación es el PicBasic Pro, que es uno de los compiladores más sencillos de usar. Este poderoso compilador nos pone al alcance potentes instrucciones para comunicación serie, mediciones de sensores analógicos, PWM, sonido, y muchísimas más. Además de generar los files “hex” y también es capaz de generar los files “asm”, de tal manera que sí se pueden hacer modificaciones de bajo nivel.

#### **4.2.2. ACTIVACIÓN DE LOS MOTORES**

Los motores son controlados por medio de las tarjetas IFI VEX Pro Victor884, que realizan, el avance, retroceso e inversión de giro, y son accionados por el microcontrolador PIC16F877A.

Para controlar la tarjeta IFI VEX Pro Victor884, usaremos la declaración HPWM, que hace salir un tren de pulso modulado en anchura usando PWM por hardware. Puede ejecutarse continuamente en segundo plano mientras que el programa está ejecutando otras instrucciones.

HPWM, Channel, Duty cycle, frecuencia

Channel especifica qué canal físico PWM se va a utilizar. El Microcontrolador PIC 16F877A tiene 2 canales de PWM y la frecuencia debe ser igual en ambos canales.

Dutycycle especifica la relación de (alta-baja) con./desc. de la señal. Se extiende a partir de 0 a 255, donde 0 está apagado todo el tiempo y 255 es alto todo el tiempo. Un valor de 127 da un ciclo de 50% (onda cuadrada).

La frecuencia es la frecuencia deseada de la señal de PWM. No todas las frecuencias están disponibles en todas las configuraciones del oscilador.

El Microcontrolador PIC16F877A tiene pines alternos que se puedan utilizar para HPWM. Los DEFINEs siguientes permiten el usar de estos pines:

```
DEFINE    CCP1_REG    PORTC    'Hpwm 1 pin portC  
DEFINE    CCP1_BIT    2        'Hpwm 1 pin bit  
DEFINE    CCP2_REG    PORTC    'Hpwm 2 pin portC  
DEFINE    CCP2_BIT    1        'Hpwm 2 pin bit
```

La instrucción que se usa es:

```
HPWM 1, M1, 50
```

```
HPWM 2, M2, 50
```

Dónde:

M1, representa el movimiento del Joystick hacia adelante o atrás (eje Y)

M2, representa el movimiento del Joystick hacia izquierda o derecha (eje X).

### 4.2.3. PROGRAMACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE CONTROL

#### 4.2.3.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA GENERAL

El diagrama de flujo del programa general de control (Figura N° 4.27) da la idea general de cómo funciona el sistema en su totalidad.

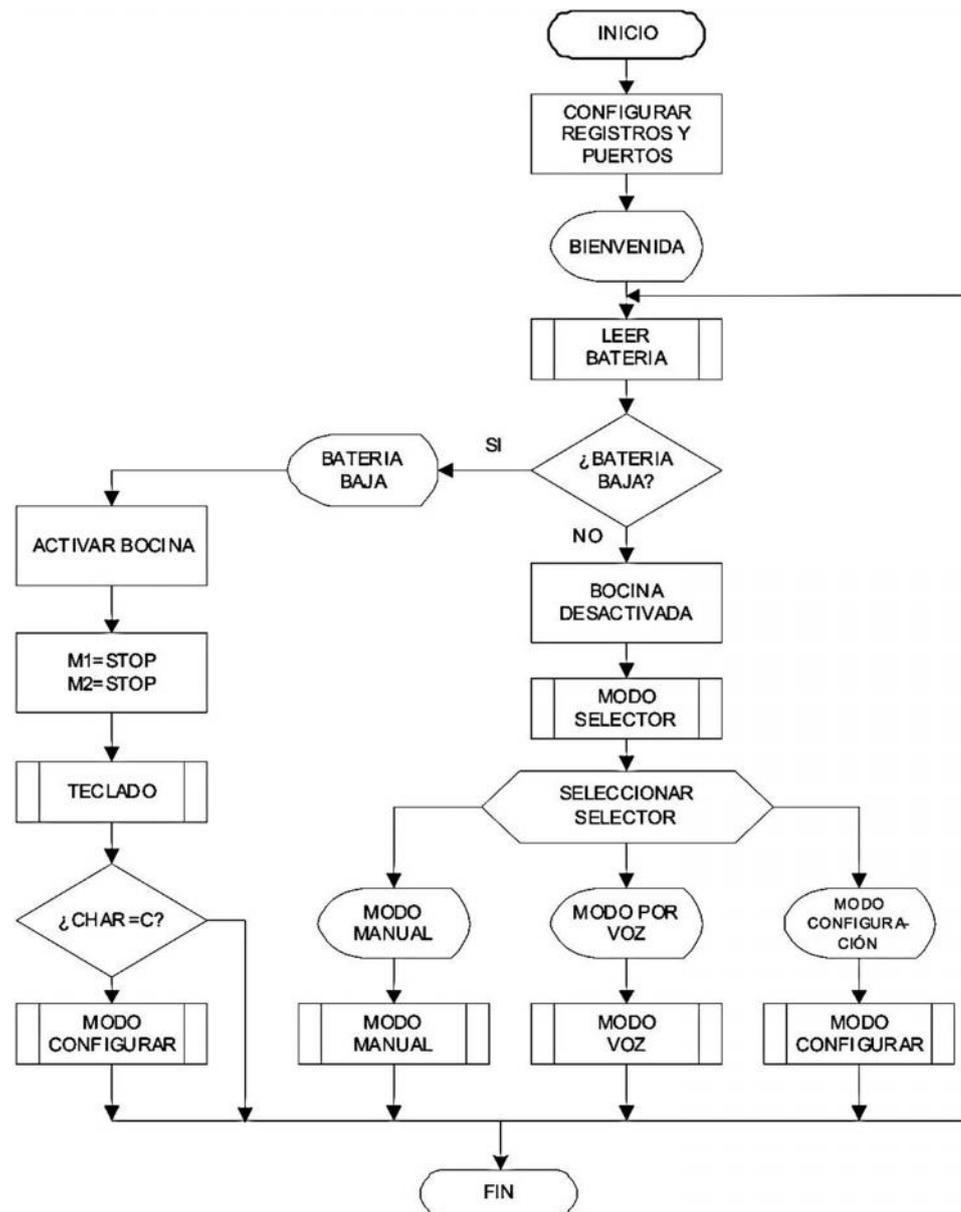


Fig. N° 4.27. Secuencia general del programa de control

Fuente: Elaboración propia

El programa que se utiliza para escribir el código es el MicroCode Studio que tiene un compilador PBP (PicBasic Pro).

El código de la configuración de registros, puertos y designación de variables se encuentra en el anexo.

El Código del programa general de control es el siguiente:

```
NIV_BAT      VAR WORD : NIV_BAT=105      'asignación de
variable
vol_bat      VAR WORD : vol_bat= 0
MODE_SELECT VAR WORD : MODE_SELECT= 0
```

```
LCDOUT $FE, 1, " TESIS UPAO"
LCDOUT $FE, $C0, " 2013"
PAUSE 2000
LCDOUT $FE, 2, " STMA REC VOZ"
LCDOUT $FE, $C0, " JESUS OCAÑA V."
```

```
PAUSE 2000
```

```
main:
```

```
    GOSUB lec_bat
```

```
    IF (vol_bat<NIV_BAT) THEN
```

```
        LCDOUT $FE, 2, " BATERIA BAJA"
```

```
        LCDOUT $FE, $C0, "POR FAVOR APAGUE"
```

```
        BOCINA=1
```

```
        HPWM 1, 112, 49: HPWM 2, 112, 49
```

```
        GOSUB teclado
```

```
        IF char= "C" THEN
```

```
            LCDOUT $FE, 2, "CONFIGURAR", $FE, $C0, " "
```

```

    PAUSE 300
    Char=" ": mode_select2= "C"
    GOSUB configurar
ENDIF
ELSE
    BOCINA= 0
    mode_select2 = " "
    GOSUB MODE
    SELECT CASE MODE_SELECT
        CASE "M"
            LCDOUT $FE, 2, "MODO MANUAL", $FE, $C0, "
            "
            GOSUB movimientos_j
        CASE "V"
            LCDOUT $FE, 2, " MODO VOZ  ", $FE, $C0, "
            "
            GOSUB Voz
        CASE "C"
            LCDOUT $FE, 2, " CONFIGURAR ", $FE, $C0, "
            "
            GOSUB configurar
    END SELECT
ENDIF
GOTO main

```

### 4.2.3.2. DIAGRAMA DE FLUJO DE LECTURA DE BATERÍA

Este diagrama de flujo muestra la lectura del voltaje de la batería.

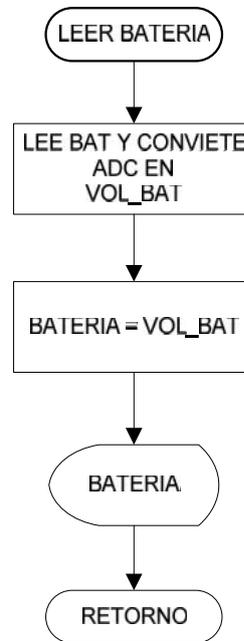


Fig. N° 4.28. Secuencia de lectura de batería

Fuente: Elaboración propia

El Código del programa lectura del voltaje de la batería es el siguiente:

lec\_bat:

```
ADCIN 4, vol_bat
VOL_BAT = VOL_BAT*135
VOL_BAT = DIV32 986
SEROUT2 TX, 84, ["VOLTAJE BATERIA:",
                DEC2 VOL_BAT/10, ".",
                DEC1 VOL_BAT//10, "V", 13]

RETURN
```

### 4.2.3.3. DIAGRAMA DE FLUJO MODO DE SELECCIÓN

Este diagrama de flujo nos muestra el modo de selección, ya sea modo manual, modo por voz o modo de configuración.

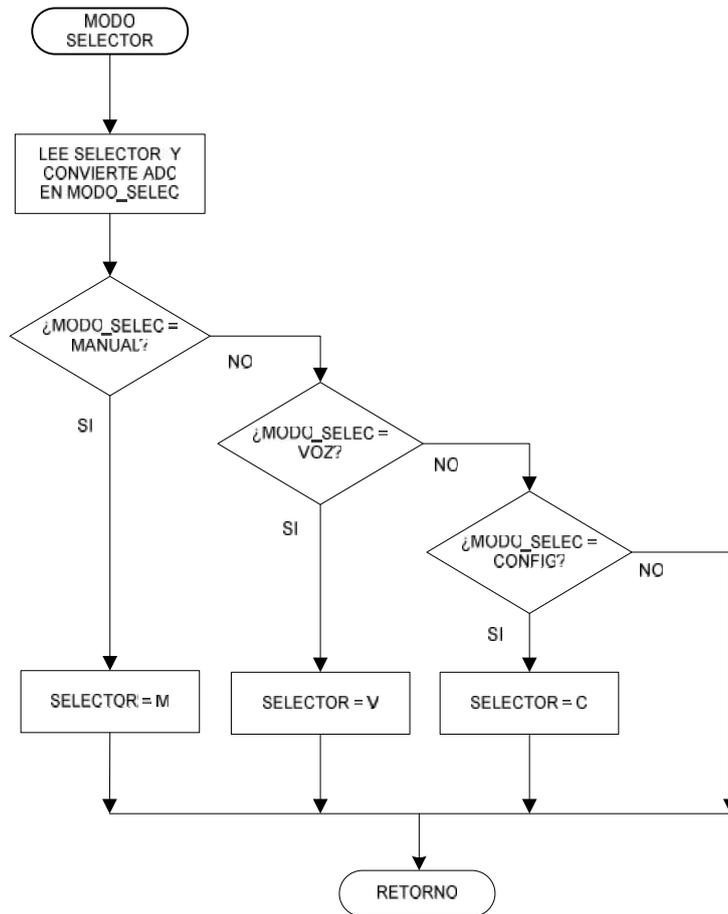


Fig. N° 4.29. Secuencia de modo de selección.

Fuente: Elaboración propia

El Código del programa modo de selección es el siguiente:

mode:

```
ADCIN 2, MODE_SELECT
```

```
IF (mode_select<400) THEN
```

```
    MODE_SELECT="V"
```

```
ENDIF
```

```
IF (mode_select>500 AND mode_select<750) THEN
```

```
    MODE_SELECT="M"
```

```
ENDIF
```

```
IF (mode_select>900) THEN
```

```
    MODE_SELECT="C"
```

```
ENDIF
```

```
SEROUT2 TX, 84, ["MODE SELECT: ", MODE_SELECT, 13]
```

```
RETURN
```

#### 4.2.3.4. DIAGRAMA DE FLUJO MODO MANUAL

Este diagrama de flujo nos muestra el modo manual. La velocidad de la silla de ruedas es proporcional a medida que el usuario mueve el joystick.

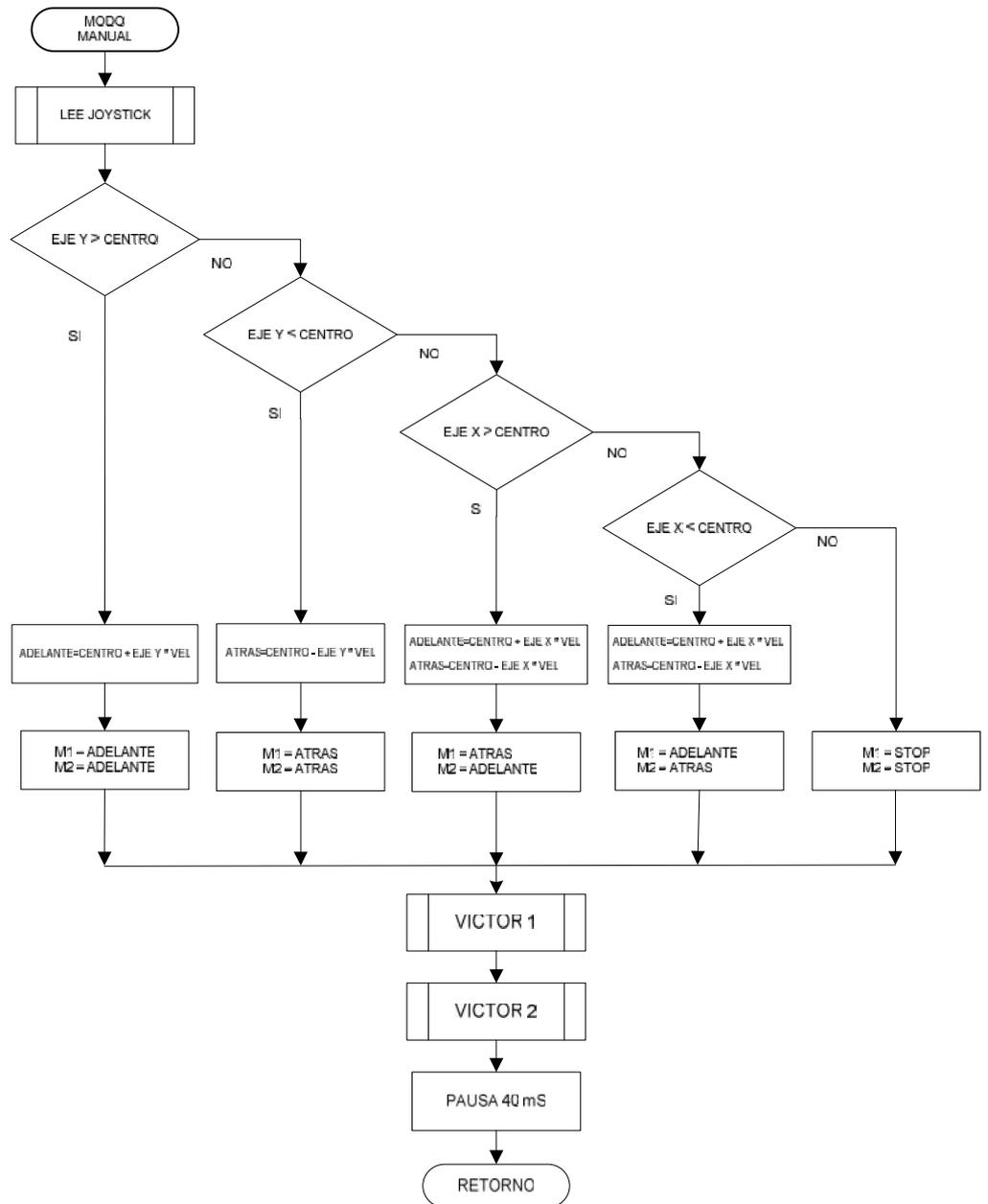


Fig. N° 4.30. Secuencia de modo manual.

Fuente: Elaboración propia

El Código del programa modo manual es el siguiente:

MOVIMIENTOS\_J:

**GOSUB** joystick

**IF** (eje\_Y>600 **AND** EJE\_X>400 **AND** EJE\_X<600) **THEN**

'movimiento adelante

prop=((EJE\_Y-600)\*vel)/(1023-600) 'proporcional de  
velocidad seteada

M1=(prop\*68/100)+112 'velocidad al motor en  
PWM / M1 adelante

M2=(prop\*68/100)+112 'velocidad al motor en  
PWM / M2 adelante

**ENDIF**

**IF** (EJE\_Y<400 **AND** EJE\_X>400 **AND** EJE\_X<600) **THEN**

'movimiento atrás

prop=(400-EJE\_Y)\*vel/400 'proporcional de  
velocidad seteada

M1=112-62\*prop/100 'velocidad al motor en  
PWM / M1 atrás

M2=112-62\*prop/100 'velocidad al motor en  
PWM / M2 atrás

**ENDIF**

**IF** (eje\_x>600 **AND** EJE\_Y>400 **AND** EJE\_Y<600) **THEN** 'giro a  
la derecha

prop=((EJE\_X-600)\*vel)/(1023-600) 'proporcional de  
velocidad seteada

M1=112-62\*prop/100 'velocidad al motor en  
PWM / M1 atrás

M2=(prop\*68/100)+112 'velocidad al motor en  
PWM / M2 adelante

**ENDIF**

**IF (EJE\_X<400 AND EJE\_Y>400 AND EJE\_Y<600) THEN**

prop=(400-EJE\_X)\*vel/400      'giro a la izquierda  
'proporcional      de  
velocidad seteada

M1=(prop\*68/100)+112      'velocidad al motor en  
PWM / M1 adelante

M2=112-62\*prop/100      'velocidad al motor en  
PWM / M2 atrás

**ENDIF**

**IF (EJE\_X>400 AND EJE\_X<600 AND EJE\_Y>400 AND  
EJE\_Y<600) THEN**

m1=112      'pulso de 1.5ms / victor sin movimiento

m2=112

**ENDIF**

**GOSUB victor1**

**GOSUB victor2**

**PAUSE 40**

**RETURN**

#### 4.2.3.5. DIAGRAMA DE FLUJO LEER JOYSTICK

Este diagrama de flujo nos muestra la lectura del joystick

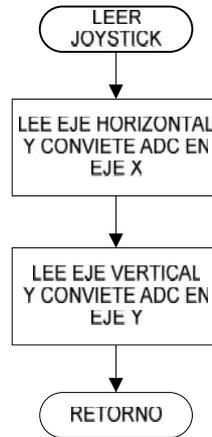


Fig. N° 4.31. Secuencia leer joystick

Fuente: Elaboración propia

El Código del programa modo de selección es el siguiente:

joystick:

```
ADCIN 0,EJE_X
```

```
ADCIN 1,EJE_Y
```

```
SEROUT2 TX, 84, [ " EJE X=",DEC4 EJE_X,
```

```
    " EJE Y=",DEC4 EJE_Y, 13]
```

```
RETURN
```

#### 4.2.3.6. DIAGRAMA DE FLUJO VICTOR 1

Este diagrama de flujo nos muestra la secuencia de Víctor 1

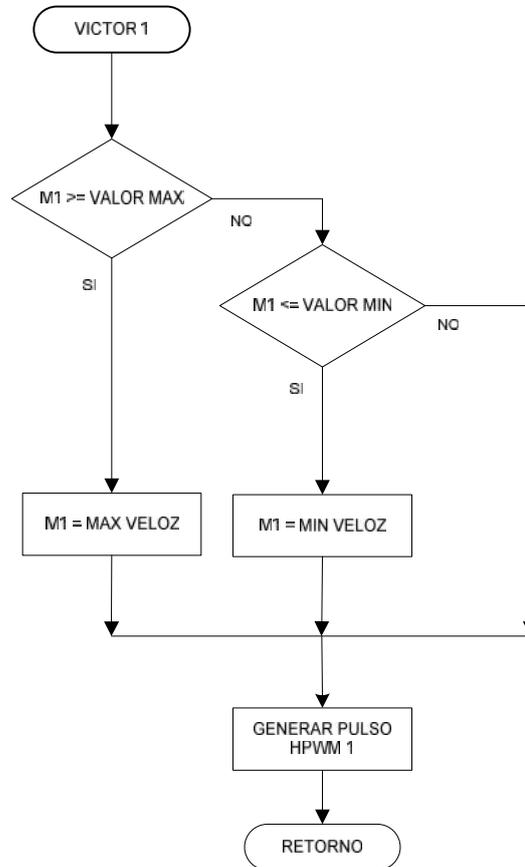


Fig. N° 4.32. Secuencia de victor1

Fuente: Elaboración propia

El Código del programa de victor 1 es el siguiente:

```
victor1:  
    IF M1>=180 THEN  
        M1=180  
    ENDIF  
    IF M1<=50 THEN  
        M1=50  
    ENDIF  
    HPWM 1, M1, 50  
    RETURN
```

#### 4.2.3.7. DIAGRAMA DE FLUJO VICTOR 2

Este diagrama de flujo nos muestra la secuencia de Víctor 2

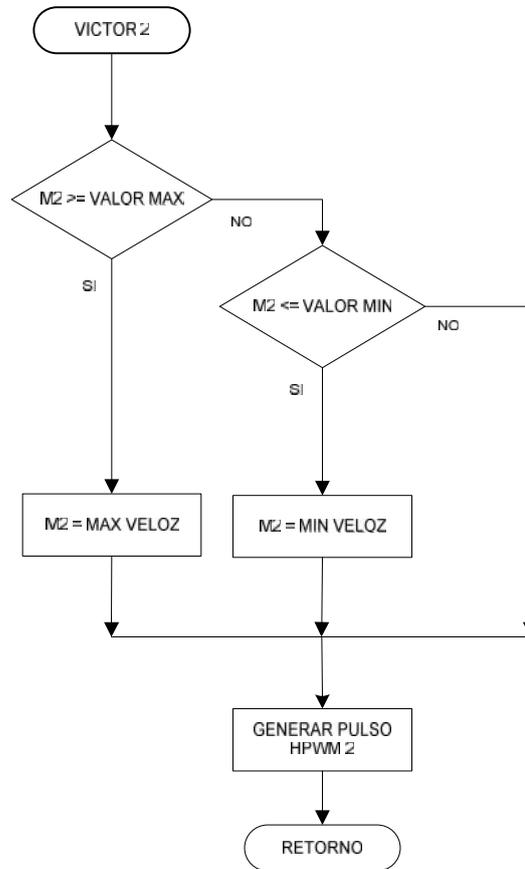


Fig. N° 4.33. Secuencia de victor2

Fuente: Elaboración propia

El Código del programa de victor 2 es el siguiente:

Victor 2:

```
IF M2>=180 THEN
    M2=180
ENDIF
IF M2<=50 THEN
    M2=50
ENDIF
HPWM 2, M2, 50
RETURN
```

#### 4.2.3.8. DIAGRAMA DE FLUJO MODO CONFIGURACIÓN

Este diagrama de flujo nos muestra el modo configuración.

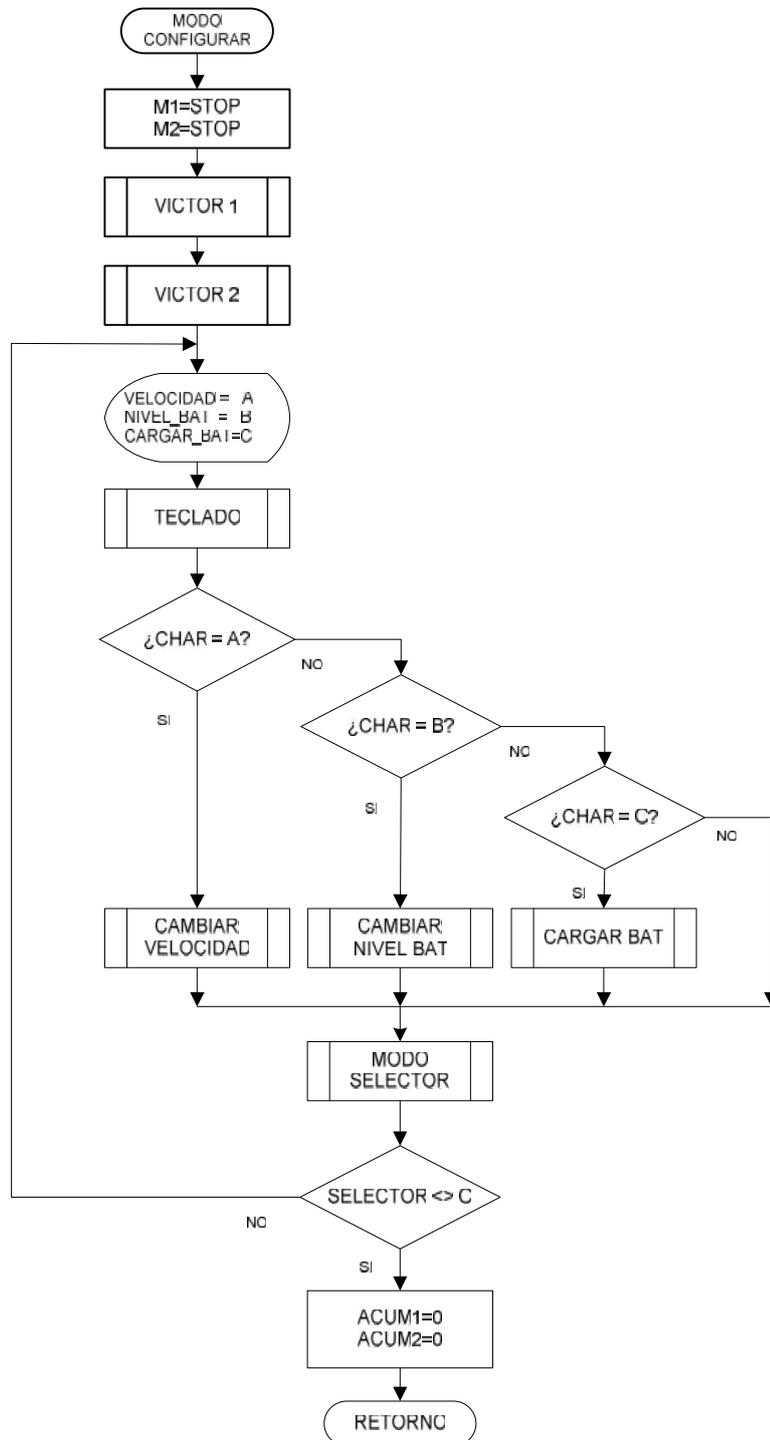


Fig. N° 4.34. Secuencia modo de configuración

Fuente: Elaboración propia

El Código del programa modo de configuración es el siguiente:

Configurar:

```
M1=112:M2=112:GOSUB victor1:GOSUB victor2   'Stop
REPEAT
    LCDOUT $FE, $C0, "VELOCIDAD:  A":PAUSE
1000
    LCDOUT $FE, $C0, "NIVEL BATERIA:B":PAUSE
1000
    LCDOUT $FE, $C0, "CARGAR BATER:C":PAUSE
1000
GOSUB teclado
IF (char = "A" ) THEN
    GOSUB CAMBIAR_VEL
ENDIF

IF (char = "B" ) THEN
    GOSUB CAMBIAR_NIV
ENDIF

IF (char = "C" ) THEN
    GOSUB CARGAR
ENDIF
GOSUB mode
UNTIL ((mode_select!="C" AND MODE_SELECT2=" ")
        OR (MODE_SELECT2= " " ))
acumulador1=0:acumulador2=0
RETURN
```

### 4.2.3.9. DIAGRAMA DE FLUJO CAMBIAR DE VELOCIDAD

Este diagrama de flujo nos muestra el cambio de velocidad. Si el usuario presiona una tecla (0 a 9) esta se vuelve unidad o decena, si vuelve a presionar esta se vuelve unidad, si presiona por tercera vez y es mayor o igual a 100 la velocidad se convierte en velocidad máxima,

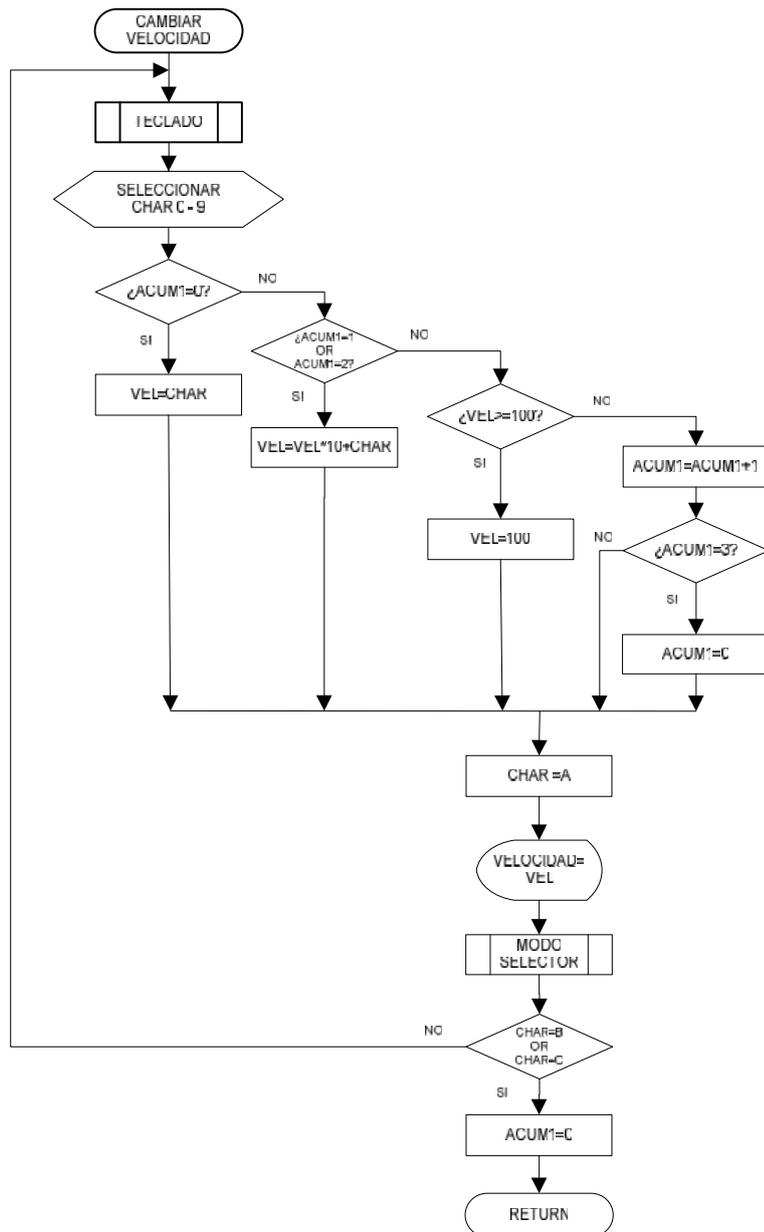


Fig. N° 4.35. Secuencia cambio de velocidad

Fuente: Elaboración propia

El Código del programa cambio de velocidad.

**CAMBIAR\_VEL:**

**REPEAT**

**GOSUB** teclado

**SELECT CASE** char

**CASE** 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9

**IF** (acumulador1=0) **THEN**

VEL=char

**ENDIF**

**IF** (acumulador1=1 **OR** acumulador1=2) **THEN**

VEL=VEL\*10+char

**ENDIF**

**IF** vel>=100 **THEN** vel=100

acumulador1=acumulador1+1

**IF** acumulador1=3 **THEN**

acumulador1=0

**ENDIF**

char= "A"

**END SELECT**

**LCDOUT** \$FE, \$C0, "VELOCIDAD: ", dec3 VEL, "%"

**GOSUB** mode

**UNTIL** (char= "B" || char= "C" || MODE\_SELECT!= "C")

acumulador1=0

**RETURN**

#### 4.2.3.10. DIAGRAMA DE FLUJO CAMBIAR DE NIVEL DE BATERÍA

Este diagrama de flujo nos muestra el cambio de nivel de batería. Por defecto el nivel de batería baja esta en 10.5V, pero si el sistema le indica batería esta baja, no va a funcionar, es por eso que se puede configurar para que siga adelante con 9 V.

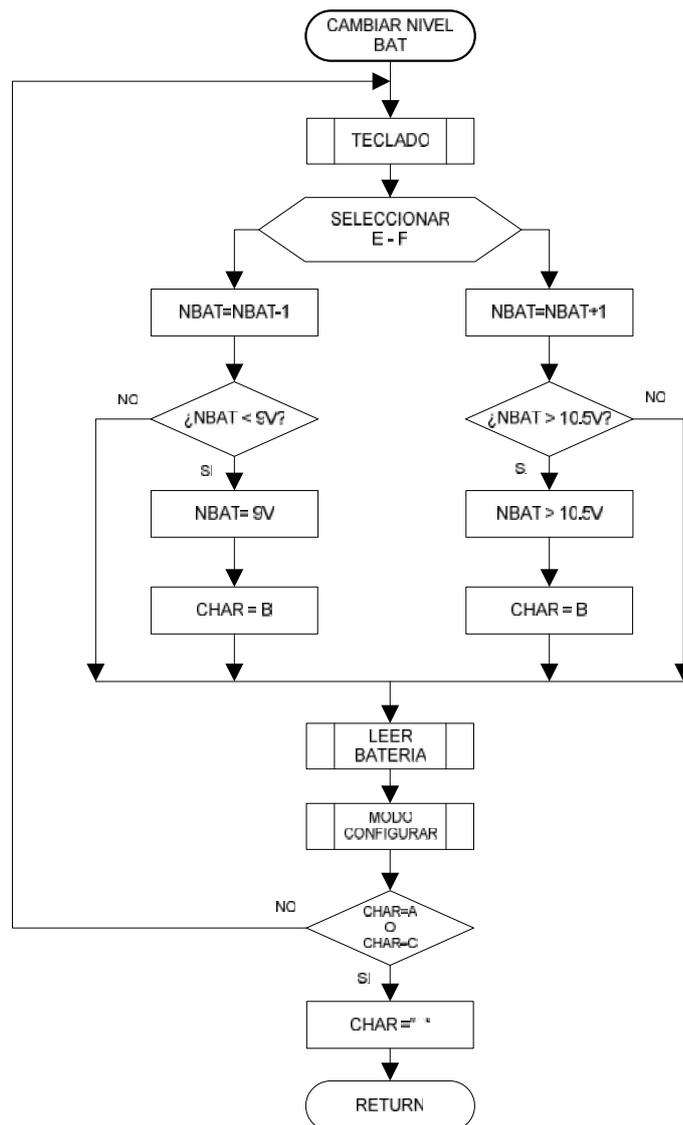


Fig. N° 4.36. Secuencia cambio de nivel de batería

Fuente: Elaboración propia

El Código del programa cambio de nivel de batería.

CAMBIAR\_NIV:

**REPEAT**

**GOSUB** teclado

**SELECT CASE** char

**CASE "E"**

NIV\_BAT=NIV\_BAT-1

**IF** NIV\_BAT<90 **THEN**

NIV\_BAT=90

char= "B"

**ENDIF**

**CASE "F"**

NIV\_BAT=NIV\_BAT+1

**IF** NIV\_BAT>105 **THEN**

NIV\_BAT=105

char= "B"

**ENDIF**

**END SELECT**

**GOSUB** LEC\_BAT:LCDOUT \$FE,\$C0, "B:", DEC2

VOL\_BAT/10, "." ,DEC1 VOL\_BAT//10, "V "

,-

"N:", DEC2 NIV\_BAT/10, ".", DEC1

NIV\_BAT//10, "V"

**GOSUB** MODE

**until** (char="A" || char="C" || MODE\_SELECT!="C")

char="/"

**RETURN**

#### 4.2.3.11. DIAGRAMA DE FLUJO CARGAR BATERÍA

Este diagrama de flujo nos muestra el cargado de batería

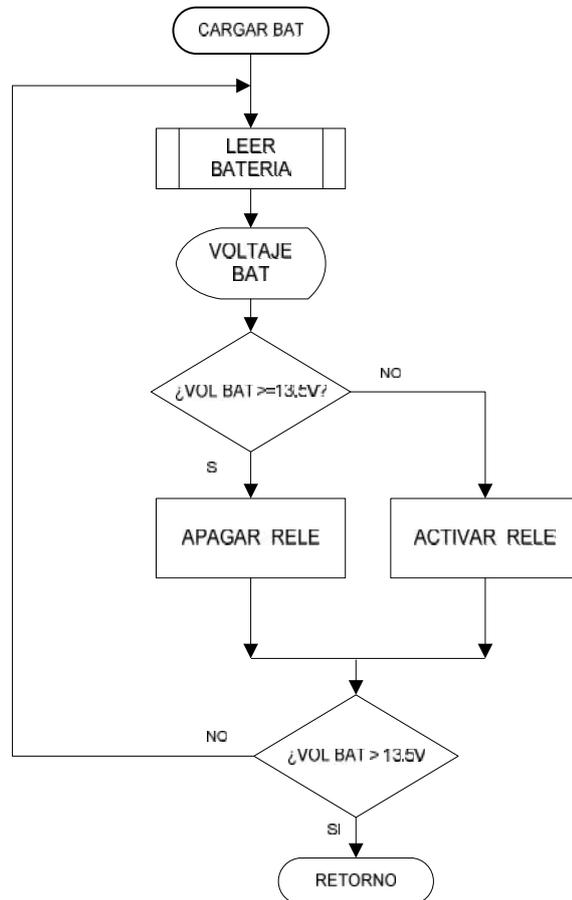


Fig. N° 4.37. Secuencia cargar batería

Fuente: Elaboración propia

El Código del programa cargado de batería

CARGAR:

**REPEAT**

**GOSUB** lec\_bat:LCDOUT \$FE,\$C0, **DEC2** VOL\_BAT/10, ".",

**DEC1**

VOL\_BAT//10,"VCARGANDO.."

**IF** vol\_bat>=135 **THEN**

mode\_select2= " "

**LOW** portb.0

char = " "

**ELSE**

**HIGH** portb.0

**ENDIF**

**UNTIL** (VOL\_BAT>135)

char= "/"

**RETURN**

#### 4.2.3.12. DIAGRAMA DE FLUJO MODO POR VOZ

Este diagrama de flujo nos muestra modo por voz, cada vez que el usuario habla un comando (adelante, atrás, derecha, izquierda o alto), el módulo de reconocimiento de voz recibe el comando de voz y este envía datos hexadecimales (\$11, \$12, \$13, \$14, \$15) al Microcontrolador PIC 16F877A.

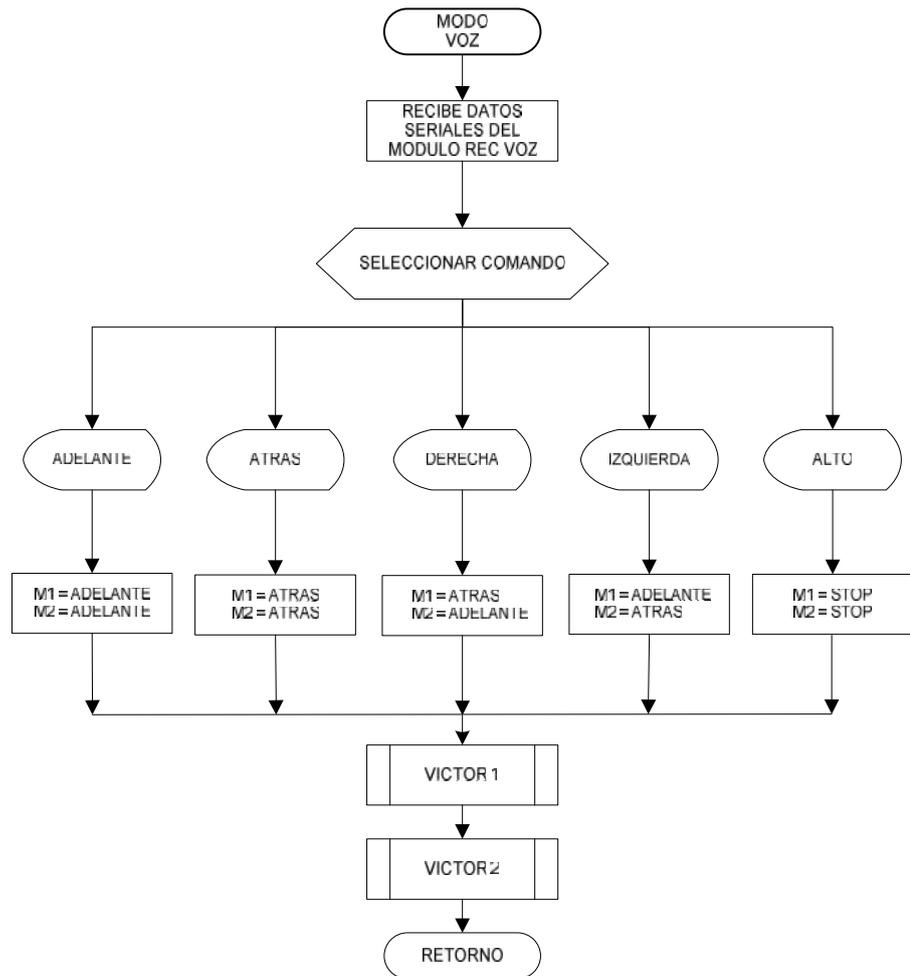


Fig. N° 4.38. Secuencia del modo de voz

Fuente: Elaboración propia

El Código del programa modo por voz

COMANDOS\_VOZ:

**HSERIN 1, MAIN, [COMANDO]**

**SELECT CASE COMANDO**

**CASE \$11 'adelante**

**LCDOUT \$FE, \$C0, "ADELANTE "**

**M1= (vel\*143/100)+112 'velocidad al motor en  
PWM  
/ M1 adelante**

**M2= (vel\*143/100)+112 'velocidad al motor en  
PWM  
/ M2 adelante**

**CASE \$12 'atrás**

**LCDOUT \$FE, \$C0, "ATRAS "**

**M2= (vel\*112)/100 'velocidad al motor en  
PWM  
/ M1 atrás**

**M2= (vel\*112)/100 'velocidad al motor en  
PWM  
/ M1 atrás**

**CASE \$13 'derecha**

**LCDOUT \$FE, \$C0, "DERECHA "**

**M1= (vel\*112)/100 'velocidad al motor en  
PWM  
/ M1 atrás**

**M2= (vel\*143/100)+112 'velocidad al motor en  
PWM  
/ M1 adelante**

**CASE \$14 'izquierda**

**LCDOUT \$FE, \$C0, "IZQUIERDA "**

**M1= (vel\*143/100)+112 'velocidad al motor en**

```

                                PWM
                                / M1 adelante
M2= (vel*112)/100              'velocidad al motor en
                                PWM
                                / M1 atrás

CASE $15 'alto
                                LCDOUT $FE, $C0, "ALTO  "
M1=112                          'pulso de 1.5ms / victor
                                sin movimiento

M2=112

END SELECT
GOSUB victor1
GOSUB victor2
RETURN

```

### 4.2.3.13. DIAGRAMA DE FLUJO TECLADO

Este diagrama de flujo nos muestra la secuencia del teclado.

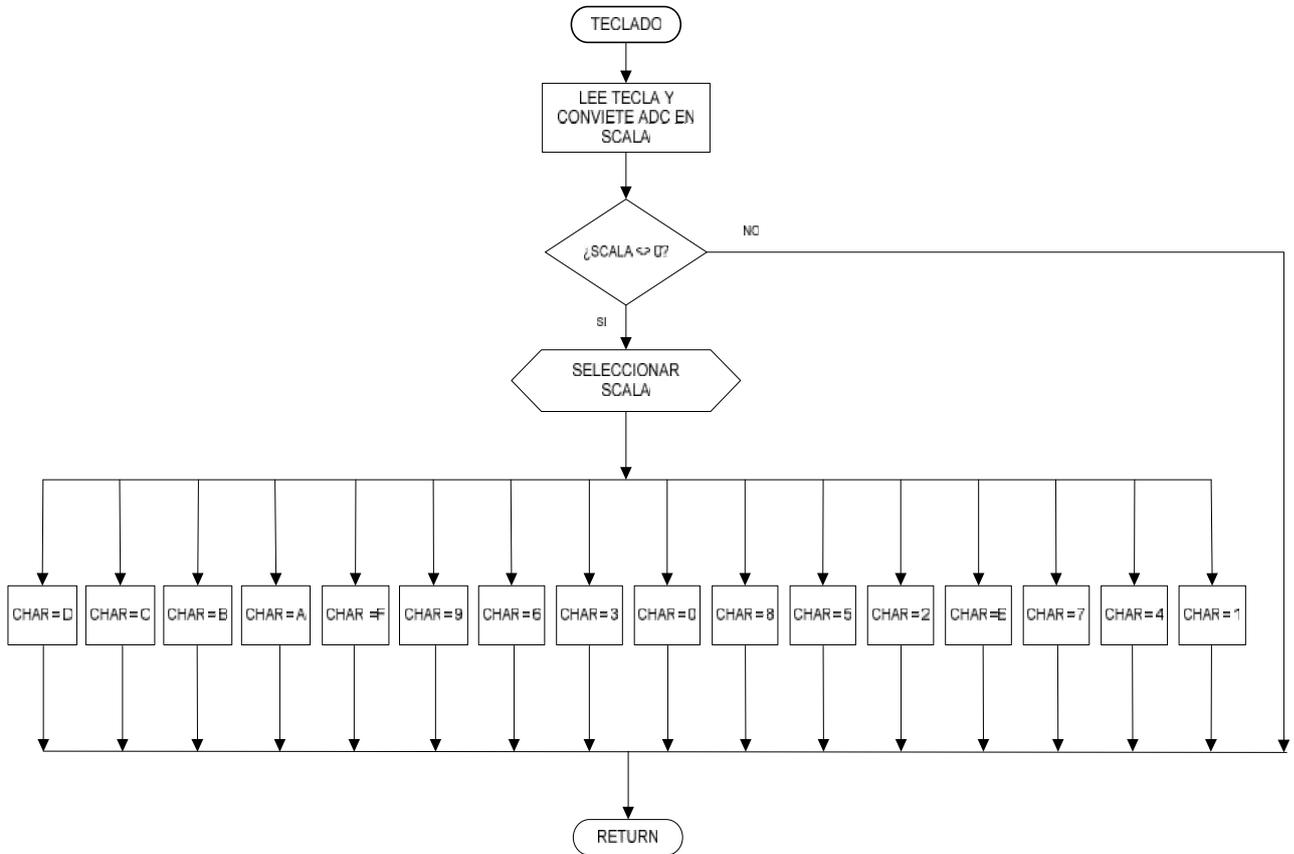


Fig. N° 4.39. Secuencia de teclado

Fuente: Elaboración propia

El Código del programa de teclado.

Teclado:

**ADCIN 3, Scale**

**IF (SCALE !=0) THEN**

**SELECT CASE Scale**

**CASE IS <440**

char= "D"

**CASE IS <462**

char= "C"

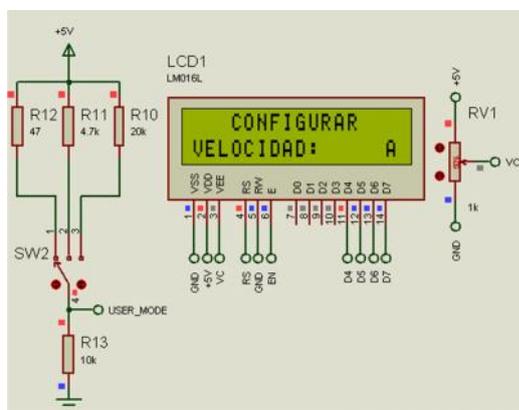
**CASE IS <488**

```
char= "B"  
CASE IS <496  
char= "A"  
CASE IS <523  
char= "F"  
CASE IS <554  
char= 9  
CASE IS <592  
char= 6  
CASE IS <603  
char= 3  
CASE IS <617  
char= 0  
CASE IS <661  
char= 8  
CASE IS <716  
char= 5  
CASE IS <733  
char= 2  
CASE IS <770  
char= "E"  
CASE IS <839  
char= 7  
CASE IS <931  
char= 4  
CASE IS <959  
char= 1  
  
END SELECT  
PreScale=0  
PAUSE 300  
  
ENDIF  
RETURN
```

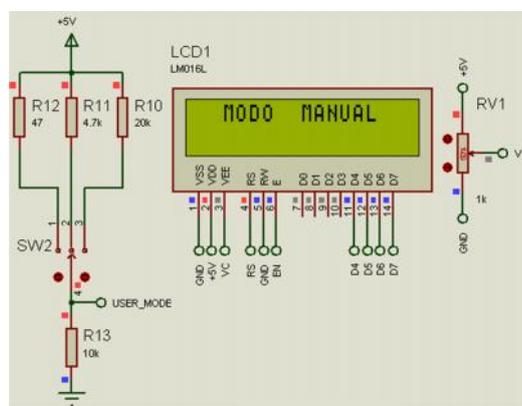
### 4.3. PRUEBAS DE SIMULACIÓN

#### 4.3.1. SIMULACIÓN MODO DE SELECCIÓN

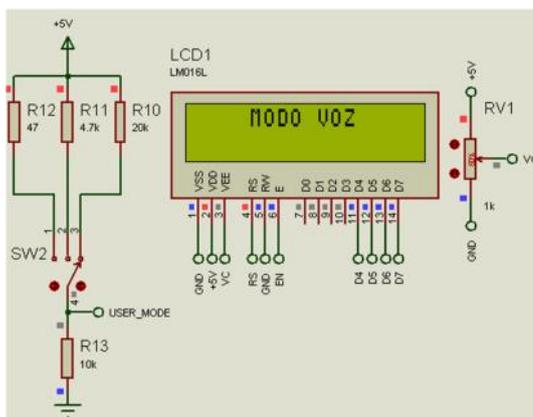
En esta prueba de simulación, nos muestra el modo de selección, utilizando un switch selector podemos seleccionar, el modo de configuración, modo manual o modo por voz.



a)



b)



c)

Fig. N° 4.40. Simulación modo de selección: a) Modo configuración, b) modo manual y c) Modo por voz

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.2. SIMULACIÓN MODO MANUAL

En esta prueba de simulación, nos muestra el modo manual, utilizando de esta manera el joystick, el joystick a utilizar es el #27800 que tiene dos ejes que proporciona dos señales analógicas y tiene un eje de mando para su manipulación y comodidad del usuario

En la simulación se utilizó dos potenciómetros, uno para el eje “x” y el otro para el eje “y”, para reemplazar al joystick. Estos potenciómetros nos proporciona los movimientos de adelante, atrás, derecha, izquierda y stop, además, la velocidad de la silla de ruedas es proporcional a medida que el usuario mueve el joystick, entonces en la simulación se aprecia el movimiento gradual de velocidad.

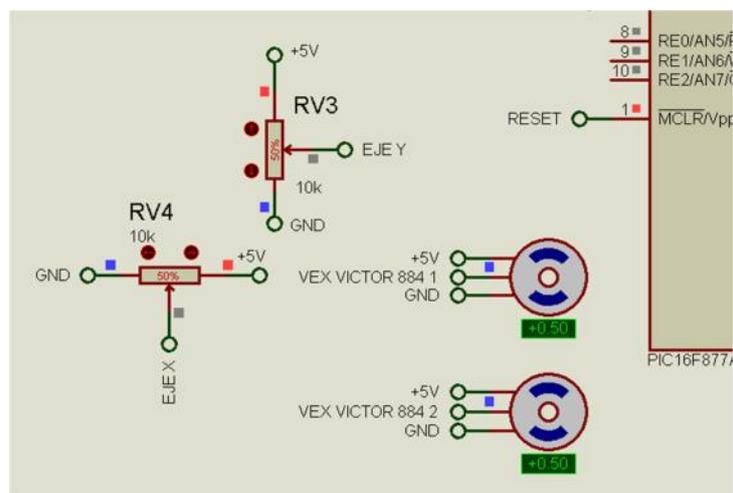


Fig. N° 4.41. Simulación modo manual

Fuente: Elaboración propia

Inicialmente los potenciómetros se encuentran en la parte central, eso significa que cuando los potenciómetros están el centro, la silla de ruedas se detiene. Al desplazar los potenciómetros tanto horizontal y verticalmente, simulamos el movimiento que tiene los servomotores, que es el mismo comportamiento posee el Módulo de Potencia IFI vex pro Victor 884.

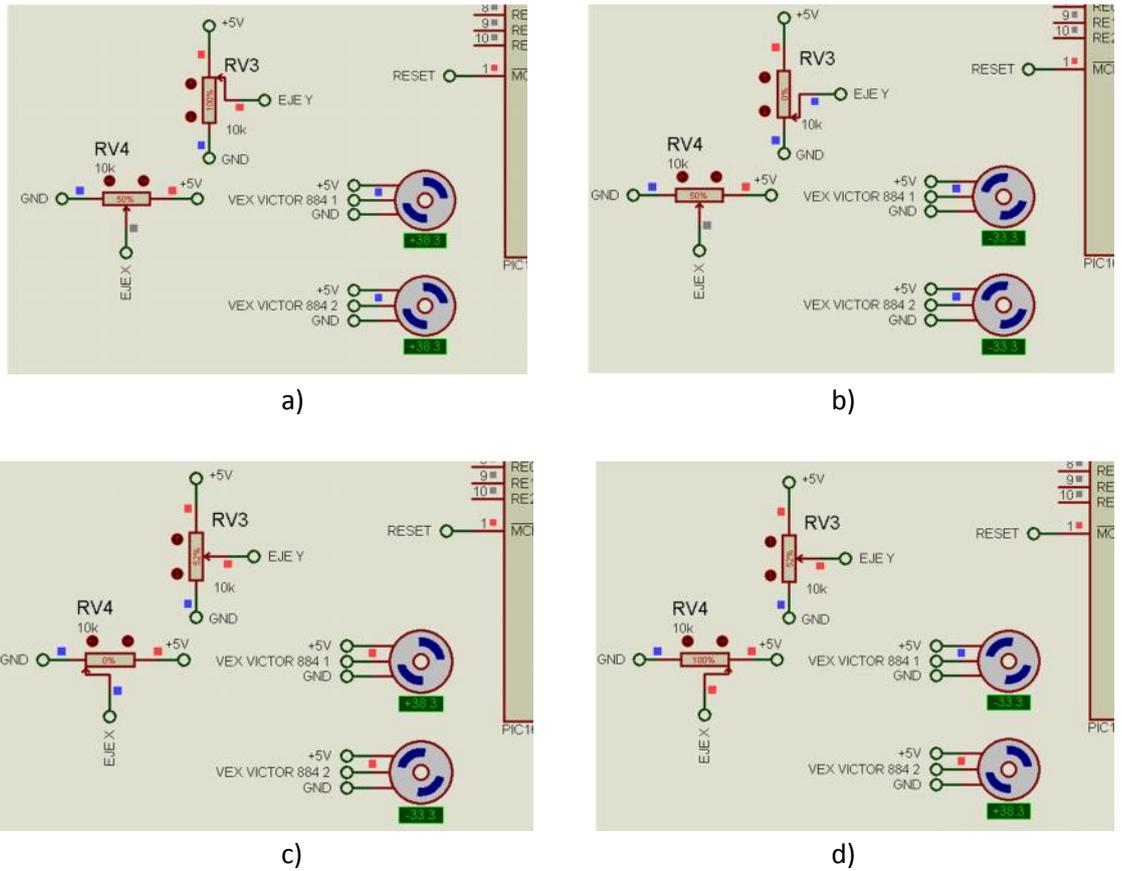


Fig. N° 4.42. Simulación de modo manual: a) La silla avanza, b) La silla retrocede, c) La silla se dirige a la izquierda, d) la silla se dirige a la derecha.

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.3. SIMULACIÓN MODO CONFIGURACIÓN

En esta prueba de simulación, nos muestra el modo de configuración, para lo cual podemos seleccionar 3 tipos de configuración:

Tabla N° 4.2. Modo configuración

| CONFIGURACIÓN    | TECLA |
|------------------|-------|
| Velocidad        | A     |
| Nivel de Batería | B     |
| Cargar Batería   | C     |

Fuente: Elaboración propia

## A. CAMBIAR DE VELOCIDAD

Cuando presionamos la tecla “A”, podemos cambiar la velocidad que se va a desplazar la silla de ruedas. Se puede presionar una tecla de 0 a 9, para cambiar el nivel de velocidad y es mayor o igual a 100, la velocidad se convierte en velocidad máxima. Esto significa que cuando el usuario mueve el joystick al máximo, la silla de ruedas se moverá a la velocidad que se configuró. Para salir de esta configuración se debe presionar la tecla “B” o “C”.

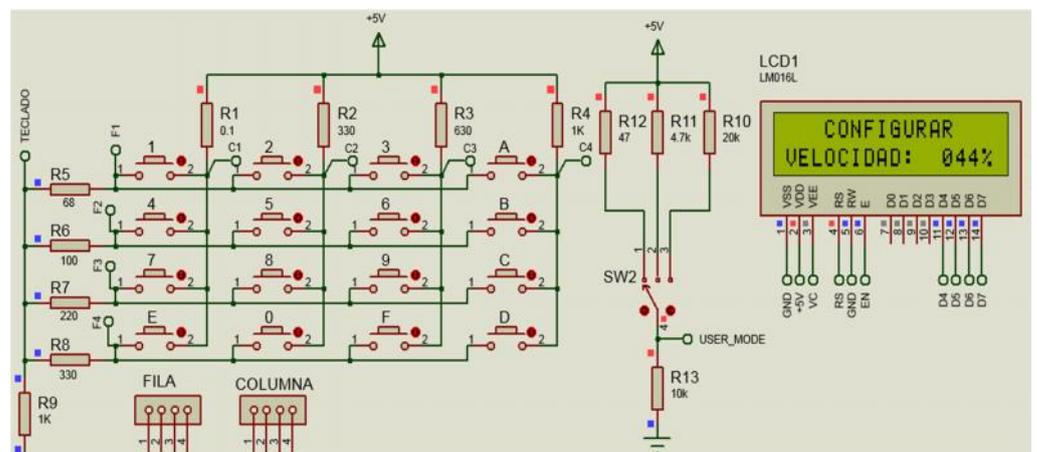


Fig. N° 4.43. Simulación, Configurar cambio de velocidad

Fuente: Elaboración propia

## B. CAMBIAR DE NIVEL DE BATERIA

En esta configuración se va a cambiar de nivel de batería. Por defecto el nivel de batería baja esta en 10.5V, pero si el sistema le indica batería esta baja, no funcionar la silla de ruedas, es por eso que se puede configurar para que siga adelante con 9 V.

Si se desea cambiar a 9V como batería baja, de debe presionar la tecla “E”, y si quiere volver a su valor normal de batería baja a 10.5V se presiona la tecla “F”, para salir de esta configuración se presiona la tecla “A” o “C”.

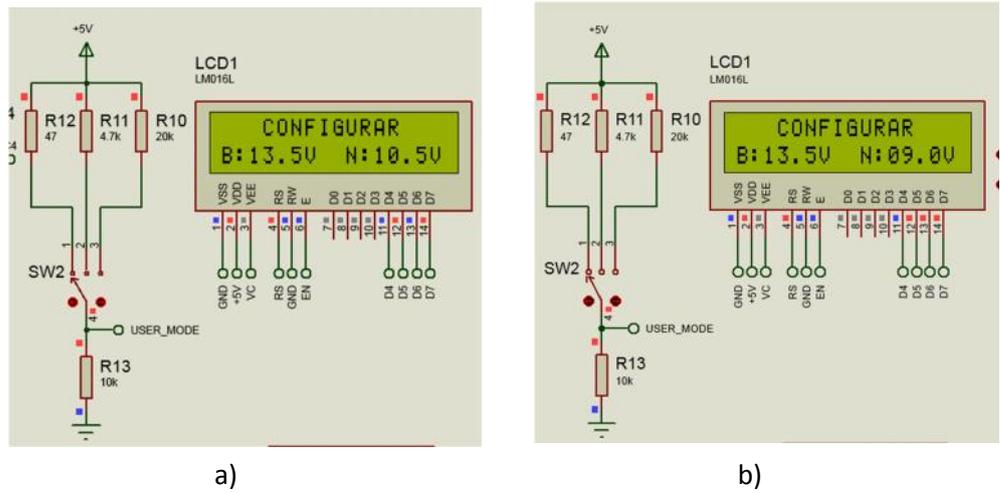


Fig. N° 4.44. Simulación, cambiar de nivel de batería: a) Nivel de batería a 10.5V. b) configurado a 9V como nivel mínimo de batería.

Fuente: Elaboración propia

### C. CARGAR BATERIA

Cuando el nivel de batería esta baja, en esta configuración vamos a cargar la batería, el cargado de batería es automático, enviando un pulso al relé y entra a funcionar el transformador y comienza a cargar la batería, cuando el nivel de batería llega a los 13.5V, el relé se desactiva automáticamente.

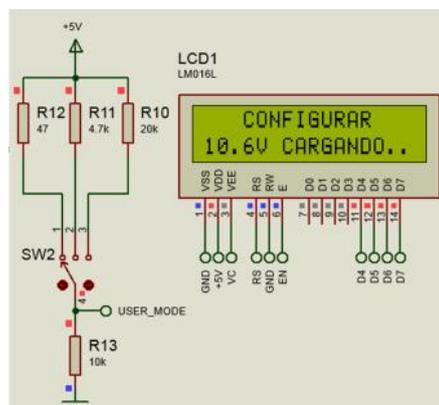


Fig. N° 4.45. Simulación de cargado de batería

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4. SIMULACIÓN MODO POR VOZ

En las pruebas de simulación modo por voz, se utilizó *Virtual Terminal* para ingresar datos hexadecimales al sistema de control.

Cada vez que el usuario habla un comando de voz, adelante, atrás, derecha, izquierda o alto, el módulo AU\_VOI\_REC\_00A recibe el señal de voz y este la convierte en datos hexadecimales, enviando estos datos hexadecimales al Microcontrolador PIC 16F877A, como muestra la figura 2.46.

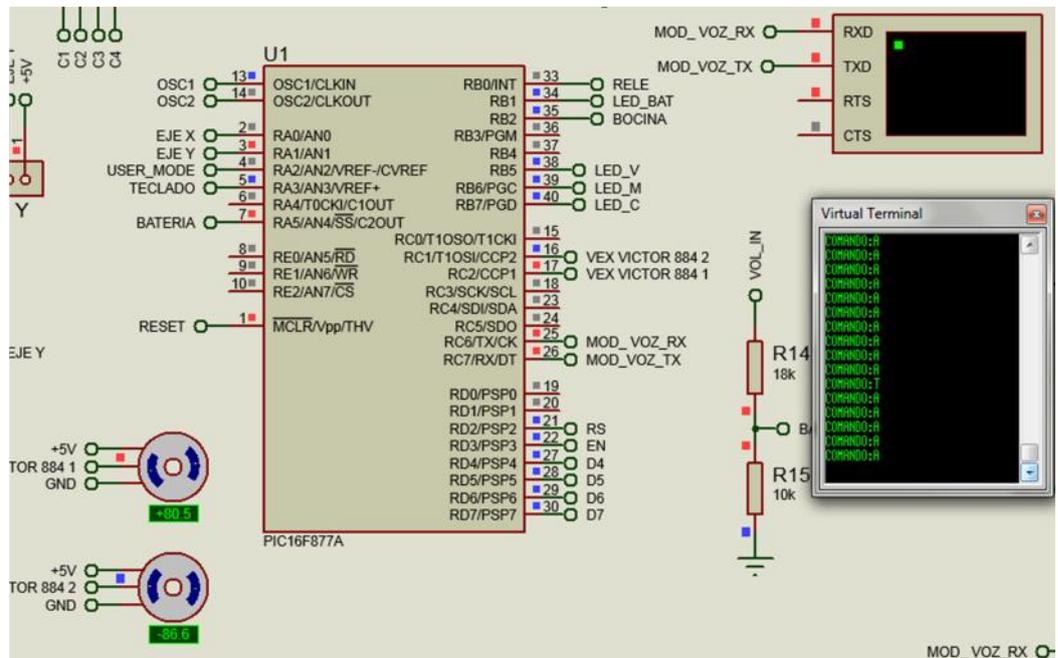


Fig. N° 4.46. Simulación modo por voz

Fuente: Elaboración propia

Las señales de voz ingresadas y los datos hexadecimales transmitidas del módulo AU\_VOI\_REC\_00A son:

Tabla N° 4.3. Señales de voz y los datos hexadecimales

| <b>SEÑALES DE VOZ</b> | <b>DATOS HEXADECIMALES</b> |
|-----------------------|----------------------------|
| ADELANTE              | \$11                       |
| ATRÁS                 | \$12                       |
| DERECHA               | \$13                       |
| IZQUIERDA             | \$14                       |
| ALTO                  | \$15                       |

Fuente: Elaboración propia

Como en el Virtual Terminal no se puede ingresar los datos hexadecimales mencionados, se comprobó en la simulación, el funcionamiento del sistema con otros datos hexadecimales, como se menciona en la siguiente tabla:

Tabla N° 4.4. Señales ingresadas por el virtual terminal

|           | <b>TECLA</b> | <b>DATOS HEXADECIMALES</b> |
|-----------|--------------|----------------------------|
| ADELANTE  | W            | \$57                       |
| ATRÁS     | Z            | \$5A                       |
| DERECHA   | S            | \$53                       |
| IZQUIERDA | A            | \$41                       |
| ALTO      | X            | \$58                       |

Fuente: Elaboración propia

Estos datos hexadecimales son recibidos por Microcontrolador PIC16F877A quien es el control del sistema, el cual procesa la información y envía datos PWM, para el control de velocidad de los motores, pero en este caso de simulará con servomotores, que funciona idéntico a los módulos de potencia IFI vex pro Victor 884.

Las pruebas realizadas en la simulación son:

- a) Por el virtual terminal se ingresó el dato \$57, donde los dos servomotores giran a un solo sentido, comprobándose que va hacia adelante.
- b) Por el virtual terminal se ingresó el dato \$5A, donde los dos servomotores giran en otro sentido, comprobándose que va hacia atrás.
- c) Por el virtual terminal se ingresó el dato \$53, donde uno de los servomotores giran en un sentido (retrocede) y el otro servomotor gira en otro sentido (avanza), comprobándose que va a la derecha.
- d) Por el virtual terminal se ingresó el dato \$41, donde uno de los servomotores giran en un sentido (avanza) y el otro servomotor gira en otro sentido (retrocede), comprobándose que va a la izquierda.
- e) Por el virtual terminal se ingresó el dato \$58, donde los dos servomotores no giran, comprobándose que el sistema se detiene (alto).

De esta manera se ha comprobado el correcto funcionamiento del sistema de reconocimiento de voz.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS ECONÓMICO**

## **5.1 COSTOS**

Para obtener el costo total del proyecto de reconocimiento de voz, se ha realizado un análisis de costos unitarios, así como el listado de los elementos utilizados según requerimientos. Además, se ha incluido el costo de ingeniería.

Se tiene identificado los siguientes costos unitarios por bloques.

- Costos de la fuente de alimentación.
- Costos de la etapa de potencia
- Costos de la tarjeta principal
- Costos del cargador de Batería.
- Costos del elemento demandado
- Costos de elementos adicionales
- Costos total del sistema

### **5.1.1 COSTOS DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN.**

Del análisis de los requerimientos de la fuente de alimentación del proyecto, se tiene el costo de S/. 8.70 el cual considera los costos de cada componente; seguidamente se presenta los costos por rubros:

Tabla N° 5.1 Costos de la Fuente de Alimentación

| DESCRIPCION                 | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO S/. | PRECIO S/.  |
|-----------------------------|----------|---------------------|-------------|
| Capacitor 22uF/25V          | 1        | 0.30                | 0.30        |
| Capacitores 0,1uF           | 2        | 0.30                | 0.60        |
| Swich ON/OFF                | 1        | 1.50                | 1.50        |
| Regulador LM7805            | 1        | 1.50                | 1.50        |
| Disipador para el regulador | 1        | 2.50                | 2.50        |
| Resistencia 330R 1/2W       | 1        | 0.10                | 0.10        |
| Conector Molex 2 pines      | 1        | 0.50                | 0.50        |
| Fusible y porta fusible     | 1        | 1.30                | 1.30        |
| Diodos 1A                   | 1        | 0.10                | 0.10        |
| LED                         | 1        | 0.30                | 0.30        |
|                             |          | <b>TOTAL</b>        | <b>8.70</b> |

Fuente: Elaboración Propia

## 5.1.2 COSTOS DE LA ETAPA DE POTENCIA

Del análisis de los requerimientos de la etapa de potencia del proyecto, se tiene el costo de S/. 2081.04 el cual considera los costos de cada componente; seguidamente se presenta los costos por rubros:

Tabla N° 5.2. Costos de la etapa de potencia

| DESCRIPCION                    | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO \$ | PRECIO \$      |
|--------------------------------|----------|--------------------|----------------|
| IFI VEX PRO VICTOR 884         | 2        | 90.00              | 180.00         |
| Envio de VICTOR                | 1        | 50.00              | 50.00          |
| Motores eléctricos Jet 3 Ultra | 1        | 200.00             | 200.00         |
| Envio de Motor Jet 3 Ultra     | 1        | 24.00              | 24.00          |
| Impuesto ADUANA                | 1        | 150.00             | 150.00         |
|                                |          | <b>TOTAL \$</b>    | <b>604.00</b>  |
|                                |          | <b>TOTAL S/.</b>   | <b>2081.04</b> |

Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.3 COSTOS DE LA TARJETA PRINCIPAL.

Del análisis de los requerimientos de la tarjeta principal del proyecto, se tiene el costo de S/. 226.20 el cual considera los costos de cada componente; seguidamente se presenta los costos por rubros:

Tabla N° 5.3. Costos de la tarjeta principal

| DESCRIPCION                  | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO S/. | PRECIO S/.    |
|------------------------------|----------|---------------------|---------------|
| Pulsadores                   | 17       | 0.40                | 6.80          |
| Resistencias de 1/4 W        | 20       | 0.10                | 2.00          |
| Display LCD-2X16BL           | 1        | 16.00               | 16.00         |
| Microcontrolador PIC 16F877A | 1        | 25.00               | 25.00         |
| Modulo AU_VOI_REC_00A        | 1        | 160.00              | 160.00        |
| Cristal de 4 MHz             | 1        | 2.00                | 2.00          |
| Capacitores 22 pF            | 2        | 0.20                | 0.40          |
| Capacitor 1uF /25V           | 1        | 0.30                | 0.30          |
| Trimer de 10K                | 1        | 0.50                | 0.50          |
| Selector de 3 posiciones     | 1        | 3.00                | 3.00          |
| Conector molex 2 pines       | 2        | 0.50                | 1.00          |
| Conector molex 4 pines       | 4        | 0.50                | 2.00          |
| LEDs                         | 4        | 0.30                | 1.20          |
| Zócalo 40 pines              | 1        | 1.00                | 1.00          |
| Impreso de fibra de vidrio   | 1        | 5.00                | 5.00          |
|                              |          | <b>TOTAL</b>        | <b>226.20</b> |

Fuente: Elaboración Propia

## 5.1.4 COSTOS DEL CARGADOR DE BATERÍA

Del análisis de los requerimientos del cargador de batería del proyecto, se tiene el costo de S/. 264.80 el cual considera los costos de cada componente; seguidamente se presenta los costos por rubros:

Tabla N° 5.4. Costos del cargador de batería

| DESCRIPCION                    | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO S/. | PRECIO S/. |
|--------------------------------|----------|---------------------|------------|
| Resistencias de 1/2 W          | 3        | 0.10                | 0.30       |
| Diodo 1A                       | 1        | 0.10                | 0.10       |
| Transistor 2N3904              | 2        | 0.30                | 0.60       |
| LED                            | 1        | 0.30                | 0.30       |
| Bocina                         | 1        | 15.00               | 15.00      |
| Relé 12V                       | 1        | 5.00                | 5.00       |
| Diodos Puente de 15A           | 1        | 6.00                | 6.00       |
| Disipador para el diodo puente | 1        | 3.00                | 3.00       |
| Borneras                       | 4        | 2.00                | 8.00       |
| Conector molex 2 pines         | 3        | 0.50                | 1.50       |
| Transformador 220V/12V - 10A   | 1        | 180.00              | 180.00     |
| Capacitores 15000uF/25V        | 4        | 10.00               | 40.00      |
| Impreso de fibra de vidrio     | 1        | 5.00                | 5.00       |
|                                |          | TOTAL               | 264.80     |

Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.5 COSTOS DEL ELEMENTO DE MANDO

Del análisis de los requerimientos del elemento de mando del proyecto, se tiene el costo de S/. 69.00 el cual considera los costos de cada componente; seguidamente se presenta los costos por rubros:

Tabla N° 5.5. Costos del elemento de mando

| DESCRIPCION               | CANTIDAD | PRECIO<br>UNITARIO<br>\$ | PRECIO<br>\$ |
|---------------------------|----------|--------------------------|--------------|
| Joystick de 2 ejes #27800 | 1        | 25.00                    | 25.00        |
|                           |          | TOTAL \$                 | 25.00        |
|                           |          | TOTAL S/.                | 69.00        |

Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.6 COSTOS DE ELEMENTOS ADICIONALES

Del análisis de los requerimientos de elementos adicionales del proyecto, se tiene el costo de S/. 285.00 el cual considera los costos de cada componente; seguidamente se presenta los costos por rubros:

Tabla N° 5.6. Costos de elementos adicionales

| DESCRIPCION                              | CANTIDAD | PRECIO<br>UNITARIO<br>S/. | PRECIO<br>S/. |
|--|----------|---------------------------|---------------|
| Batería ETNA de 12V                      | 1        | 255.00                    | 255.00        |
| Caja Exterior                            | 1        | 30.00                     | 30.00         |
| Materiales varios: tornillos, cable, etc |          | 10.00                     | 0.00          |
|  |          | TOTAL                     | 285.00        |

Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.7 COSTOS TOTAL DEL SISTEMA

Del análisis de costo de cada bloque, se da a conocer el costo total el sistema tanto físico, eléctrico, electrónico y el costo de ingeniería, se tiene el costo Total de S/.6204.74; seguidamente se presenta los costos por rubros:

Tabla N° 5.7. Costos Total del sistema

| <b>DESCRIPCION</b>                       | <b>PRECIO S/.</b> |
|--|-------------------|
| Fuente de Alimentación                   | 8.70              |
| Tarjeta Principal                        | 226.20            |
| Cargador de Bateria                      | 264.80            |
| Etapa de Potencia                        | 2081.04           |
| Elemento de Mando                        | 69.00             |
| Accesorios varios                        | 285.00            |
| Silla de ruedas Standar Quemado Al Horno | 270.00            |
| Costo de Ingenieria                      | 3000.00           |
| <b>TOTAL</b>                             | <b>6204.74</b>    |

Fuente: Elaboración Propia

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

- Se logró a diseñar un sistema de reconocimiento de voz y se usó el simulador para su comprobación, en base a la simulación se considera el tiempo para el desarrollo del circuito, se hizo las pruebas del sistema de hardware para la validar del código del programa, permitiendo obtener un tiempo de 2 mseg de respuesta al cambio de velocidad, lo cual se tiene un sistema robusto y estable, cubriendo de esta manera las expectativas.
- Debido a que no se contó con el módulo de potencia IFI VEX Pro Victor 884, se optó por simular el control de módulo de potencia a través de servomotores por PWM y con ello se pudo comprobar que la frecuencia asignada, dependiendo de la selección de voz, hace que la señal de PWM se comporte tal cual lo deseado. Además se comprobó con el osciloscopio virtual del programa, verificando el ancho de pulso PWM, que corresponde a valores porcentuales tanto para las diversas órdenes.
- En base al diseño electrónico propuesto y a la viabilidad de las simulaciones, se codificó un programa para el sistema de hardware, lo cual pudo ser verificada con tiempo de respuesta a todo el sistema, en el momento de la interacción virtual y sometida a fallas para la verificación de la misma, dando un resultado funcional esperado, para una futura implementación.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para el correcto funcionamiento del sistema en el modo de operación por voz, el usuario grave sus propios comandos de control.
- La silla debe resistir el peso del usuario y ser estable ante el riesgo de vuelco en pendientes, curvas y desniveles; es aconsejable utilizar sistema antivuelco y comprobar que el peso es menor que el peso máximo indicado por el fabricante. En caso de peso elevado a más de 120 kg, se debe comprobar que el chasis está reforzado.
- Es importante que la silla sea ligera, es decir, un peso total inferior a 18 kilos. Esta característica también favorece si lo que necesita es la ayuda de otra persona para empujar, plegar o transportar la silla.
- Para la implementación tener en cuenta el grado máximo de inclinación que puede ascender la Silla de Ruedas de manera segura es de 5 grados con la capacidad máxima de peso. Además la mayoría de las rampas para discapacitados tienen normalmente una inclinación de 5 grados. Intentar ascender una rampa con mayor inclinación puede provocar inestabilidad en su Silla de Ruedas.
- Si se implementa este sistema, se recomienda realizar inspecciones periódicas en todas las conexiones tanto eléctricas como mecánicas para mantener en buen funcionamiento todo el sistema.
- Se recomienda para próximos estudios que pretendan mejorar el diseño del sistema de reconocimiento de voz; añadir un control para evadir obstáculos y evitar choques, con lo cual el sistema podría ser utilizado por personas con discapacidad visual

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [LIBRO 1] PARRA Dussan, Carlos. Derechos humanos y discapacidad. Bogotá: Centro editorial Universidad del Rosario, 2004.335 p.
- [LIBRO 2] OBEDIENTE, Enrique. Fonética y Fonología. Mérida: Editado por el consejo de publicaciones de la universidad de los andes, Venezuela. 2007. 316 p.
- [LIBRO 3] MARTÍ Antonín, María Antonia. Tecnologías del texto y del habla. España: Grafixas Rey S.L., 2004. 253p.
- [LIBRO 4] SALCEDO Campos, Francisco Javier. Modelos Ocultos de Markov: del Reconocimiento de Voz a la Música. North Carolina: Lulu Press, 2007. 272 p.
- [LIBRO 5] FAÚNDEZ Zanuy, Marcos. Tratamiento Digital de Voz e Imagen y aplicación a la multimedia. Barcelona: Marcombo, 2000, 261 p.
- [LIBRO 6] BERNAL, Jesús. Reconocimiento de Voz y Fonética Acústica, edición Alfaomega-Ra-Ma, 2003

## ENLACES WEB DE CONSULTA

- [WEB 1] NACIONES unidas. Los derechos y la dignidad de las personas con discapacidad [en línea]. [Fecha de consulta: 12 Mayo 2010]. Disponible en: <http://www.un.org/spanish/disabilities/default.aspnavid=34&pid=639>
- [WEB 2] INSTITUTO Nacional de Estadística e Informática (INEI). Perú: perfil socio-demográfico de la población discapacitada. [en línea]. [Fecha de consulta: 07 Junio 2010]. Disponible en: <http://www1.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/LIb0045/n00.htm>
- [WEB 3] WIKIPEDIA. Modulación por impulsos codificados [en línea]. [Fecha de consulta: 12 Mayo 2010]. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n\\_por\\_impulsos\\_codificados](http://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_por_impulsos_codificados)
- [WEB 4] WIKIPEDIA. Reconocimiento del habla [en línea]. [Fecha de consulta: 12 Mayo 2010]. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento\\_del\\_habla](http://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento_del_habla)
- [WEB 5] UNIVERSIDAD Autónoma de Madrid. Alineamiento Temporal Dinámico (DTW). [en línea]. [Fecha de consulta: 12 Mayo 2010]. Disponible en: [http://arantxa.ii.uam.es/~jortega/DTW\\_AlinTempDinam\\_ASAL.pdf](http://arantxa.ii.uam.es/~jortega/DTW_AlinTempDinam_ASAL.pdf)
- [WEB 6] ROBALINO Puente, Luis. Diseño e implementación de un control remoto controlado por órdenes de voz para aplicaciones de control en una vivienda. [en línea]. [Fecha de consulta: 12 Mayo 2010]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4167/1/CD-0886.pdf>
- [WEB 7] BLANCO, Antonio; SORIA, Emilio. Redes Neuronales Artificiales. [en línea]. [Fecha de consulta: 10 Junio 2011]. Disponible en: [www.acta.es/articulos\\_mf/19023.pdf](http://www.acta.es/articulos_mf/19023.pdf)

- [WEB 8] ELECHOUSE, módulo de Reconocimiento de voz AU\_VOI\_REC\_00A. [en línea]. [Fecha de consulta: 10 Junio 2011]. Disponible en:  
[http://www.elechouse.com/elechouse/index.php?main\\_page=product\\_info&cPath=&products\\_id=2151](http://www.elechouse.com/elechouse/index.php?main_page=product_info&cPath=&products_id=2151)
- [WEB 9] SUNPLUS Technology. SPCE061A, 16 bit Sound Controller with 32k x 16 Flash Memory. [en línea]. [Fecha de consulta: 10 Junio 2011]. Disponible en:  
<http://pdf.dzsc.com/88889/28284.pdf>
- [WEB 10] BANNER ONLINE. Dispositivos de presencia colocador en la silla de ruedas, sensores infrarrojos. [en línea]. [Fecha de consulta: 10 Junio 2011]. Disponible en:  
<http://www.buybanneronline.com/pdf/32893.pdf>
- [WEB 11] BARS. Descripción general del PIC16F877A. [en línea]. [Fecha de consulta: 10 Junio 2011]. Disponible en:  
<http://www.bairesrobotics.com.ar/data/pic16f877guia%20detallada%20parte2.pdf>
- [WEB 12] MSE, Microsystems Engineering. joystick de 2 ejes #27800. [en línea]. [Fecha de consulta: 10 Junio 2011]. Disponible en:  
<http://www.msebilbao.com/notas/downloads/Joystick%20de%202%20ejes%2027800.pdf>
- [WEB 13] IFI Robotics. Tarjetas IFI VEX Pro Victor 884 [en línea]. [Fecha de consulta: 10 Junio 2011]. Disponible en:  
<http://www.robotcombat.com/products/images/V884-Manual.pdf>

## **ANEXOS**