

Domotic System for Paraplegic Patients Across the Internet using Voice Recognition.

Fredy Sotelo Valer, Doctor, José D. Yábar Berrocal, Ingeniero, Patricia M. Díaz Alarcón, Ingeniera
Universidad Ricardo Palma, Perú, fresov@hotmail.com, patty-lol1@hotmail.com
Universidad Ricardo Palma, Perú, jose.yabar@avioperu.com

Abstract— Currently due to the forms and conditions of life to which society is subject, is increasingly greater the presence of people with problems with some kind of disability and in particular paraplegia, who lead a life very complicated and disturbing. With the implementation of this work was verified in a practical way and in place, that through a system the remote control through internet and using voice recognition you can improve the quality of life of the people mentioned, facilitating better performance in your everyday environment

Keywords- home automation, speech recognition, internet control, disability, paraplegia

Digital Object Identifier (DOI):<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.525>
ISBN: 978-0-9993443-1-6
ISSN: 2414-6390

Sistema domótico para pacientes parapléjicos a través de internet usando reconocimiento de voz

Freedy Sotelo Valer, Doctor, José D. Yábar Berrocal, Ingeniero, Patricia M. Díaz Alarcón, Ingeniera
 Universidad Ricardo Palma, Perú, fresov@hotmail.com, patty-lol1@hotmail.com
 Universidad Ricardo Palma, Perú, jose.yabar@avioperu.com

Resumen— En la actualidad debido a las formas y condiciones de vida a la que está sometida la sociedad, es cada vez mayor la presencia de personas con problemas con algún tipo de discapacidad y en particular de paraplejía, quienes llevan una vida muy complicada y perturbadora. Con la implementación de este trabajo se logró verificar en forma práctica y en el lugar, que mediante un sistema el control remoto a través de internet y utilizando reconocimiento de voz se puede mejorar la calidad de vida de las personas mencionadas, facilitando un mejor desempeño en su entorno de vida cotidiana.

Palabras Claves— domótica, reconocimiento de voz, control por internet, discapacidad, parapléjica.

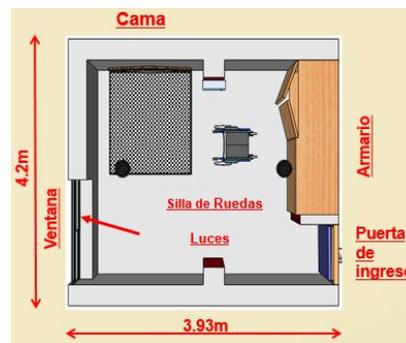


Fig. 1 Habitación de la persona discapacitada.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú el número de personas con discapacidad corresponde al 11% de la población, es decir 3.3 millones de personas que seguirán incrementándose en las próximas décadas. Si a esto, además, se le suma el número de personas que, producto de la edad, accidentes o enfermedades, presentan algún tipo de discapacidad transitoria, se puede concluir que se trata de un grupo significativo de la población peruana [1].

Para personas con paraplejía, el acto de encender la luz o alcanzar el control remoto, puede tornarse en una tarea complicada [2].

En este trabajo se ofrece una solución al problema mediante el diseño e implementación de un sistema que puede ser controlado por una persona con paraplejía para mejorar su calidad de vida.

El sistema desarrolla de acuerdo con el Informe Técnico sobre Domótica de Viviendas del Instituto de Investigación en Ingeniería de la Universidad de Zaragoza, “para contar con un sistema capaz de implementar todos los servicios necesarios habría que contar con dispositivos y actuadores como motores para persianas, toldos, puertas, sirenas, rociadores, iluminación electrodomésticos, entre otros [3].

II. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

A. Características generales

Para el desarrollo de este trabajo, se utilizó una habitación de aproximadamente 16,5m², cuya distribución se muestra en la Fig. 1. Luego se procedió a definir las diferentes actividades consideradas para ser realizadas por la persona dentro de la habitación (ver tabla I).

En la Fig. 2, se muestra el esquema de la arquitectura del sistema, donde en primera instancia el paciente tendrá dominio sobre los elementos que integran dicho entorno.

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.525>
 ISBN: 978-0-9993443-1-6
 ISSN: 2414-6390

TABLA I

ACTIVIDADES CONSIDERADAS POR EL USUARIO

Actividad	Descripción
Actividad #1	Ingresar a la habitación por una puerta con mecanismo automático de apertura y cierre.
Actividad #2	Encender las luces de la habitación.
Actividad #3	Encender la calefacción para las noches de invierno.
Actividad #4	Controlar una la cortina roller para iluminación en las mañanas.
Actividad #5	Abrir la ventana de la habitación para una mejor ventilación.
Actividad #6	Llamada de emergencia mediante alarma sonora.
Actividad #7	Vigilancia de la habitación a través de una cámara IP.



Fig. 2 Arquitectura del sistema domótico [3]

B. Diseño del mecanismo de la puerta

La norma internacional ANSI/BHMA 156.19 (American National Standard for Power Assist and Low Energy Power Operated Doors) [4], brinda requerimientos que deben ser revisados cuando se diseña abre-puertas automáticos. Esta indica las especificaciones de velocidad angular y fuerza para

puertas giratorias de bisagra lateral de diferentes tamaños y pesos, indica el tiempo mínimo que debe permanecer la puerta completamente abierta antes de volver a cerrar, así como las variaciones permitidas, después de los ciclos de prueba.

Según esta norma, el tiempo mínimo de apertura desde 0° hasta 80° depende del ancho y peso de la puerta:

$$T = \frac{D \cdot \sqrt{W}}{2260} \quad (1)$$

donde:

T : tiempo de apertura o cierre.

D : ancho de puerta.

W : peso de la puerta.

Utilizando (1), se calculó dicho tiempo:

$$T = 2,76s$$

Calculo del torque

Tomando como referencia la bisagra de la puerta, el torque necesario para abrir la puerta se puede calcular mediante la ecuación de tornillos de potencia [5]:

$$T = \frac{F_T d_m (1 + \pi \mu d_m \sec \beta)}{2(\pi d_m - \mu L \sec \beta)} \quad (2)$$

donde:

T: torque.

F_T : fuerza para abrir la puerta.

d_m : diámetro medio del tornillo.

μ : coeficiente de fricción.

β : ángulo de la hélice del tornillo.

L : paso del tornillo.

En la Fig. 3 se muestra la estructura del mecanismo de la puerta, en base a la cual se calcula el torque requerido, utilizando (2).

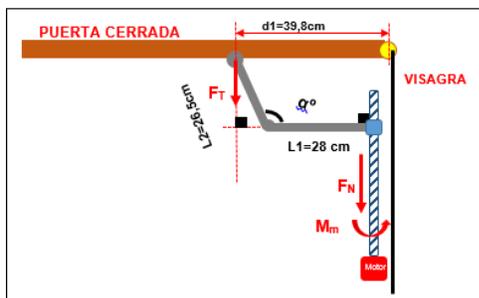


Fig. 3 Diagrama de posición de los eslabones de la puerta.

Calculando:

$$T = 0,25 \text{ kgf} - \text{cm}$$

Al torque calculado para abrir la puerta, se le agrego un margen de seguridad de 75%, obteniéndose finalmente:

$$T = 0,4375 \text{ kgf} - \text{cm}$$

Dicha información nos permitió elegir el motor, el mismo que satisface los requerimientos (ver tabla II).

TABLA II
CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR-REDUCTOR TSUKASA [6]

Modelo	TG-35F-AG-18-A275
Torque	2 kgf-cm
Alimentación	24V _{DC}
Corriente	0,5 ^a
Velocidad	450RPM
Peso	95gr

Calculando la velocidad de giro

La puerta debe hacer un recorrido de 80° en un tiempo de 3,2 segundos y 10° en un tiempo de 1,5 segundos según norma. En la Fig. 4 se muestra el mecanismo de la puerta en 80° de apertura.

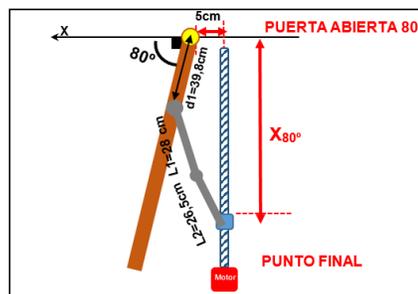


Fig. 4 Mecanismo de dos barras cuando la puerta está a 80°.

Aplicando Pitágoras:

$$X_{80^\circ} = 92,38 \text{ cm}$$

Calculando la velocidad de apertura se utiliza:

$$V = \frac{x_f - x_i}{\Delta t} \quad (3)$$

donde:

V: velocidad.

x_f : posición final.

x_i : posición inicial.

Δ : coeficiente de fricción.

Luego, se debe convertir la velocidad lineal en angular:

$$\omega_1 \cong 431,10 \text{ RPM}$$

$$\omega_2 \cong 216,55 \text{ RPM}$$

Se elige un motor-reductor de 2 kgf-cm de la marca japonesa TSUKASA (ver tabla II). El cual se controla movimiento y velocidad a través de pulsos PWM.

Diseño del mecanismo de la cortina - roller

El torque mínimo para hacer girar la cortina y vencer el momento de inercia como se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Torque} = F * r \quad (4)$$

Calculando el torque con (4), se obtiene:

$$\text{Torque} = 0,77 \text{ N} - \text{m}$$

Tiempo de desenrollado de la cortina:

$$t = \frac{2*d}{V_f + V_i} \quad (5)$$

donde:

d: distancia.

V_f : posición final (N).

V_i : posición inicial.

Considerando las velocidades inicial y final:

$$V_i = 349,24 \text{ mm/s}$$

$$V_f = 228,81 \text{ mm/s}$$

Entonces, tiempo de desenrollado de la cortina con (5):

$$t = 5,95 \text{ s}$$

Buscando en el mercado local, se eligió un motor-reductor SWF VALEO de 2 N-m a 24 VDC.

Diseño del Mecanismo Ventana

La ventana en condiciones iniciales, muestra en la Fig. 5.

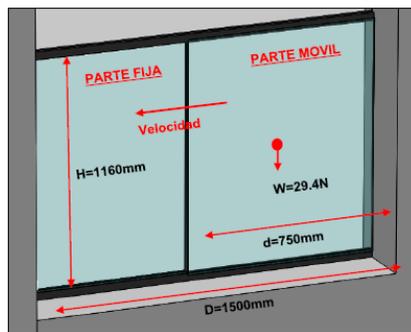


Fig. 5 Ventana Cerrada.

La fuerza mínima para mover la parte móvil de la ventana se obtiene mediante:

$$F = \mu * W \quad (6)$$

donde:

F: fuerza.

μ : coeficiente de fricción.

W: peso.

Considerando un coeficiente de fricción de 0.35, se obtiene la fuerza mínima con (6):

$$F = 0.35 * 29.4 \text{ N} = 10.29 \text{ N}$$

Con una ventosa de succión que sirve para mover materiales con superficies lisas como vidrios y una correa dentada. Se escoge un motor de la marca MINEBEA-MATSUSHITA con un torque igual a 0.38 N-m.

Iluminación, calefacción y alarma

Para la iluminación, cumpliendo con las consideraciones previas se selecciona un foco ahorrador de 18W para un área de 16,5 m², marca Phelix GSX-18 amigable al medio ambiente.

En tanto, para calefacción se eligió una estufa; la cual es una solución sencilla para mejorar temperatura en ambientes pequeños, en este caso de la habitación, se usó una estufa de 2000W marca Imaco.

Como accesorio de aviso sonoro que se active en emergencia, se eligió un transductor electroacústico que produce un sonido continuo de un mismo tono.

Video Vigilancia

Los criterios tomados en cuenta para la cámara de video vigilancia, fueron: La aplicación prevista (nivel de detalle en resolución) y el canal de comunicación (uso de redes IP o cámaras analógicas).

Se optó por la cámara DCS-930L, marca D-link; la cual incorpora su propia CPU. Admite la conexión en red TCP/IP y el protocolo HTTP, y mediante un explorador web estándar se puede configurar y gestionar la cámara directamente desde una página web a través de Internet (ver tabla III).

TABLA III
CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA DE VIGILANCIA [7]

Modelo	DCS-930L
Voltaje	5V _{DC}
Red	Ethernet-conector RJ45
Resolución	640x480
Ángulo de visión	45,3°
Peso	41gr

Diseño de la Interfaz de Usuario

Para mayor grado de autonomía dentro del hogar se pretende diseñar dos sistemas de control distintos:

- 1) Por internet a través de una página web que puede ser accedido desde cualquier dispositivo Móvil, Tablet, Smart TV o Laptop.
- 2) Sistema de control de reconocimiento de voz a través de un micrófono inalámbrico con una cobertura de 3m.

Ambos sistemas de control permiten gestionar actividades básicas como: Iluminación, puertas, persianas, ventanas, calefacción y video-vigilancia.

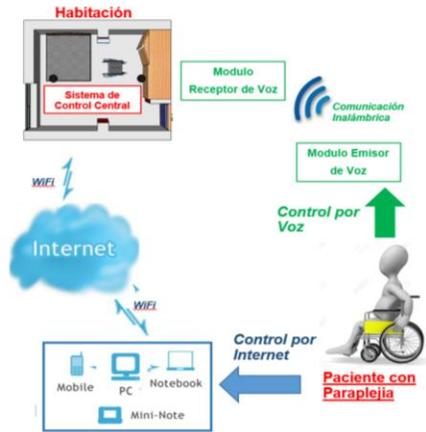


Fig. 6 Descripción de los sistemas de control.

La Fig. 6 muestra en un diagrama de bloques los modos de control de la habitación.

Después se procedió a diseñar un Sistema de Control Central (SCC) que reciba los datos provenientes del Sistema de Control por Internet (SCI) y del Sistema de Control por Voz (SCV).

Sistema de Control Central

Es necesario tener un sistema que recepción de las órdenes de control de los sistemas por internet y voz. Por un lado, se requiere seleccionar un microcontrolador en donde se pueda conectarse a las 14 entradas/salidas del sistema domótico (ver tabla IV).

TABLA IV
ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES DEL SISTEMA DOMÓTICO

Sistema	Entradas	Salidas
Puerta	2	2
Persiana	2	2
Ventana	0	3
Iluminación	0	1
Calefacción	0	1
Alarma	0	1
Total	4	10

Se requiere de un microcontrolador capaz de comunicarse serialmente con dos sistemas de control al mismo tiempo, tal como se puede observar en la Fig. 7.

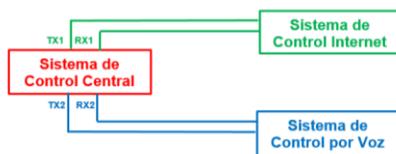


Fig. 7 Comunicación serial de los sistemas de control.

Se selecciona la tarjeta Arduino ATmega 2560. En la Fig. 8 se muestra dicha tarjeta conectado a cada entrada/salida del sistema (ver la tabla V), con los pines etiqueta que se lleva a cabo en la programación.

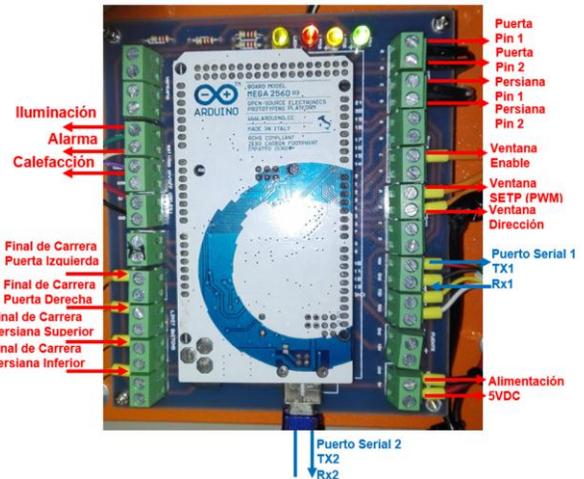


Fig. 8 Controlador del sistema de control general [8].

A continuación se muestran las características técnicas de la tarjeta Arduino ATmega 2560, la cual se conecta a los actuadores de la habitación:

- 1) Voltaje Operativo: 5 V.
- 2) Voltaje de Entrada: 7-12 V.
- 3) Voltaje de Entrada (límites): 6-20 V.
- 4) Pines digitales de Entrada/Salida: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM).
- 5) Puertos seriales: 3.
- 6) Pines análogos de entrada: 16.
- 7) Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida: 40 Ma.
- 8) Corriente DC entregada en el Pin 3.3 V: 50 mA.
- 9) Memoria Flash: 256 KB (8KB usados por el bootloader).
- 10)SRAM: 8 KB.
- 11)EEPROM: 4 KB.
- 12)Clock Speed: 16 MHz.

En la Fig. 8 se muestra la tarjeta Arduino Mega y las diferentes conexiones de entrada/salida de dicha tarjeta a los actuadores de los elementos de la habitación (ver tabla V).

TABLA V
ENTRADAS Y SALIDAS DEL ARDUINO NOMBRES DE ETIQUETA

Entrada/Salida	Pin	Etiqueta
Iluminación	52	R1
Calefacción	50	R2
Alarma	48	R3
Persiana P1	31	P1
Persiana P2	29	P2
Puerta P1	30	D1
Puerta P2	28	D2
Ventana dirección	2	DIR
Ventana step	4	STEP
Ventana enable	5	EN
Fin carrera puerta izquierda	11	Dtop
Fin carrera puerta derecha	12	Dbot
Fin carrera persiana superior	9	Ptop
Fin carrera persiana inferior	10	Pbot

Algoritmo del Sistema de control

El algoritmo inicia esperando comandos seriales provenientes del sistema de control por internet o sistema de control por voz para luego identificar qué actividad se requiere efectuar. Entre las actividades tenemos: Abrir/Cerrar Puerta, Abrir/Cerrar Persiana, Abrir/Cerrar Ventana, Prender/Apagar Calefacción, Prender/Apagar Alarma y Prender/Apagar Iluminación. Solo las primeras dos actividades confirmar su activación a través de finales de carrera Izquierda/Derecha y Superior/Inferior respectivamente. El algoritmo que describe el funcionamiento del sistema se muestra en la Fig. 9.

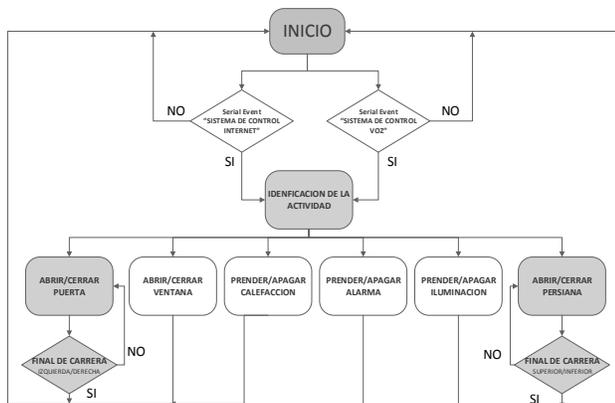


Fig. 9 Algoritmo de sistema de control central.

Sistema de control por internet

Una de las opciones es desarrollar una aplicación de escritorio e instalarlo en una computadora con sistema operativo Windows, sin embargo, se excluiría otros sistemas operativos, que también son conocidos, como Linux, Android, Mac OS, etc. Por ello, se eligió desarrollar una aplicación web, la cual no necesita ser instalada porque se ejecuta a través de un navegador.

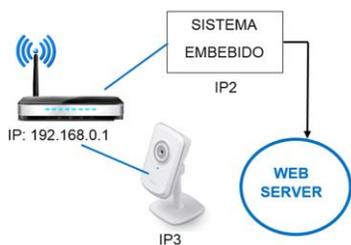


Fig. 10 Red local para SCI.

El sistema se basa en un sistema embebido, el cual ejecuta una interfaz HMI capaz de conectarse a un servidor web. Los Web Service permiten intercomunicar dos sistemas remotos a través de la Web manteniendo el estado de los objetos en la transferencia. Un Web Service nos permite ejecutar un método remotamente y recibir su resultado como si se tratara de un método local a nuestro sistema [9]. En el servidor web se deberá visualizar las imágenes de la cámara IP

D-Link y para ello se necesita conectarlo al router para formar una red de área local, tal como se muestra en la Fig. 10.

Se eligió el sistema embebido Raspberry Pi 3 que tiene un procesador ARM, memoria RAM de 1GB, 1 Puerto Ethernet, 4 Puertos USB, ROM, interfaces de entrada-salida y cumple con las características mencionadas anteriormente [9], como se puede ver en la Fig. 11. Para la selección se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

- 1) Costo: comprar el sistema embebido manufacturado.
- 2) Tamaño físico y peso: es ligero y pequeño que facilita su transporte por el usuario.
- 3) Fiabilidad: ofrece garantía de operación y fallas.
- 4) Flexibilidad: cambiar la funcionalidad del sistema.
- 5) Interfaces de comunicación: RS232 con el SCC y por Red Ethernet con el router de la habitación.
- 6) Acceso a un Red: LAN o WAN para conexión al Servidor Web.

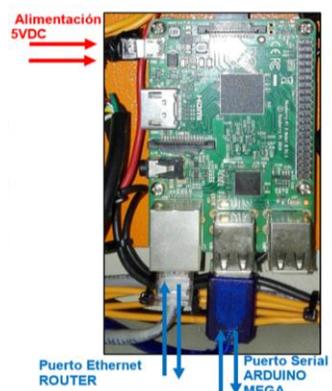


Fig. 11 Puertos de comunicación del Raspberry Pi 3.

Sistema de Control de Voz (por Internet)

Las características buscadas en el sistema son:

- 1) Transportable: no debe ser un problema para el usuario tenerlo entre sus objetos personales.
- 2) Reducido en tamaño.
- 3) Inalámbrico: ser lo más portable posible y no depender de cables.
- 4) Poco consumo: no estar cambiando de baterías frecuentemente.

La Fig. 12 se muestra un diagrama de bloques del sistema de control por reconocimiento de voz.

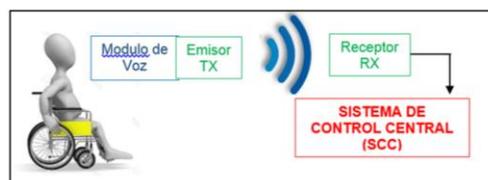


Fig. 12 Diagrama de bloques del SCV.

Selección del módulo de comunicación

Las más utilizadas en domótica son: WiFi, RF y Bluetooth:

- 1) Bluetooth: tecnología inalámbrica.
- 2) WiFi: conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica. Permite conectarse a Internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica.
- 3) RF: radio frecuencia, grupo de ondas electromagnéticas que se propagan en el medio ambiente.

Se selecciona la tecnología bluetooth porque nos asegura una transferencia segura de datos, buen alcance. Se utilizó el módulo Bluetooth HC-05 porque tiene la capacidad de comunicarse con un microcontrolador por el protocolo UART. Además cuenta con características que permiten utilizar con comodidad en este trabajo (ver tabla VI).

Este último se ubica en el tablero del Sistema de Control Central, tal como se muestra en la Fig. 14.

- 2) Admite hasta 32 comandos y sus correspondientes voces definidas por el usuario (SD) idioma.
- 3) Los comandos y voces SD se pueden organizar en hasta 16 grupos.
- 4) Dispone de un interface gráfico de usuario (GUI) para Windows.
- 5) Se puede conectar con cualquier tipo de controlador mediante comunicación serial.
- 6) Protocolo de comandos para el desarrollo de aplicaciones basadas en reconocimiento de voz.
- 7) Alimentación de 3.3V a 5V.
- 8) Líneas de E/S o GPIO (IO1, IO2 e IO3).

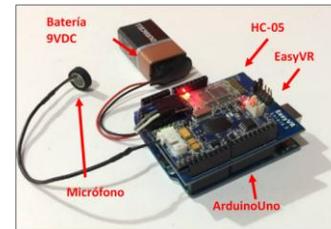


Fig. 14 Integración del CSV.

TABLA VI
CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO BLUETOOTH HC-05 [10]

Modelo	HC-05
Especificación	Bluetooth v2.0
Voltaje	3.3-5V _{DC}
Chip	BC417143
Alcance	10m
Modulación	GFSK
Nivel	TTL
Frecuencia	2,4GHz, Banda ISM
Velocidad	1200bps - 1.3Mbps

El modulo bluetooth, se ubica en el tablero del sistema de control central, tal como se muestra en la Fig. 13.

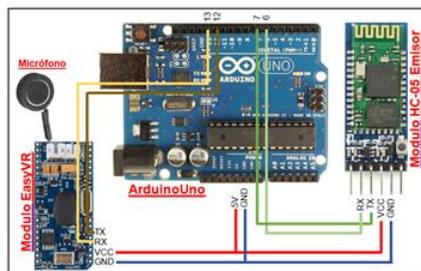


Fig. 13 Conexión EasyVR – ArduinoUno – Emisor HC-05 [11].

Selección del módulo de voz

El módulo de voz debe reconocer un número gran de palabras aisladas para poder activar o desactivar los actuadores del sistema. Previamente se deben grabar los patrones de voz. Se eligió el módulo de voz EasyVR 3.0, el cual se muestra en la Fig. 14. Este, realiza reconocimiento de voz multipropósito y presenta las siguientes características:

- 1) 26 comandos y voces pre-programados (SI): en inglés, italiano, japonés, alemán, francés y español.

PRUEBAS Y RESULTADOS

Pruebas realizadas:

En la Fig. 15, se ilustra las primeras pruebas de verificación del sistema de control por internet.

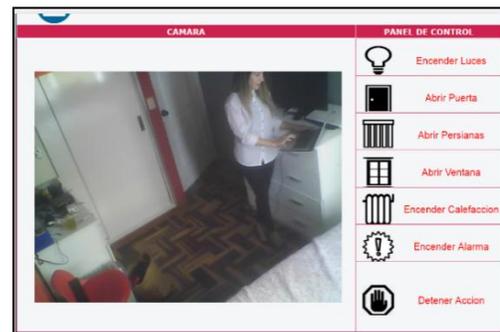


Fig. 15 Pruebas del sistema de control por internet.

TABLA VII
PRUEBAS REALIZADAS EN EL SISTEMA

Prueba	Resultado
Integración del sistema de control central con los sistemas de control por internet y sistema de control por voz.	Favorable
Conexión con el servidor web a través del navegador Chrome y la IP 192.168.0.122. Se comprobó el funcionamiento de la cámara D-Link y la página <index.php>.	Favorable
Aquí se comunicó el módulo de voz EasyVR a través de los Módulos Bluetooth HC-05 emisor y receptor. No se necesitó ni un componente externo ya que ellos cuentan con comunicación integrada en sus tarjetas.	Favorable
Control por Internet de la habitación domótica, previo entrenamiento de los comandos a través del software EasyVR Commander.	Favorable
Cambio de grupo de los comandos de voz para darle mayor prioridad.	Favorable

Para las pruebas del sistema, se contó con el apoyo de una persona de 86 años de edad, que sufre de distrofia muscular sin sensibilidad ni movimiento desde la cadera hacia abajo. Ilustración en la Fig. 16.



Fig. 16 Presentación el Sistema al Voluntario.

Resultados obtenidos

De las pruebas realizadas en el sistema, podemos inferir que se obtuvieron los siguientes resultados:

- 1) La persona voluntaria se sentía motivada por utilizar el sistema desarrollado por ser tecnología novedosa.
- 2) Se logró satisfacer las expectativas de la persona, manifestándonos su agrado por el sistema.
- 3) La persona voluntaria estuvo conforme con el tamaño de los botones y la interface del usuario.
- 4) La persona voluntaria pudo utilizar el sistema tanto desde la cama, así como desde una silla de ruedas sin ningún tipo de inconvenientes.

CONCLUSIONES

- 1) Se consiguió el objetivo fundamental de mejorar la calidad de vida del paciente.
- 2) El sistema puede ser mejorado debido a las múltiples prestaciones que ofrece el hardware y la programación.
- 3) Esta aplicación se podría ampliar para personas con otro tipo de discapacidad como visual o auditiva.

RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda desarrollar otros sistemas de ayuda dado que los componentes usados son de programación libre.
- 2) Agregar nuevas tecnologías al sistema para aumentar las prestaciones de la misma.
- 3) Adaptar esta aplicación más tipos de discapacidad.
- 4) Desarrollar más investigaciones aplicadas al campo de la ayuda a personas físico-dependientes.

REFERENCIAS

[1] Cabrera, R.; Chávez, P. “*Diseño e Implementación de un robot humanoide asistencial controlado por computador para aplicaciones en pacientes parapléjicos*”. Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú, 2013.

[2] Acosta, C.; Tipán, C. “*Implementación de una consola domótica residencial con control local y remoto a través del internet*”. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2015.

[3] Casas, R.; Roy, A. “*Informe Técnico sobre Domótica de Viviendas y Edificios de la Milla Digital de Zaragoza*”. Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón, Universidad de Zaragoza, España, 2005.

[4] Builders Hardware Manufacturers Association BHMA. *A156.10 Power Assist and Low Energy Power Operated Doors*. New York, USA, 2002.

[5] Tyler, H. “*Manual práctico de cálculos de ingeniería*”. Ed. Reverté. Barcelona, España, 1981.

[6] DC Gear Motors:
<https://www.tsukasa-d.co.jp/en/>

[7] Cloud IP Camera, Cube, Wireless 11N and mydlink support:
<http://www.dlinkla.com/dcs-9301>

[8] ARDUINO MEGA 2560 REV3:
<https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>

[9] Canelo, R.; Vera, M. “*Diseño e implementación de un robot híbrido teleoperado con simulink y un web server embebido en raspberry pi para el laboratorio de ingeniería mecatrónica de la Universidad Ricardo Palma*”. Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú, 2016.

[10] Componentes electrónicos:
<http://www.lecomperu.com/>

[11] Embeddeb Voice Recognition:
<http://www.veear.eu>